

VŠB -Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Stříhadlo těsnících kroužků z odpadového materiálu

Cutting machine for sealing rings from waste material

Student:

Bc. Aleš Kikta

Vedoucí práce:

Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Aleš Kikta

Studijní program:

N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství

Specializace:

70 Zemní, těžební a stavební stroje

Téma:

Stříhadlo těsnících kroužků z odpadového materiálu
Cutting Machine for Sealing Rings from Waste Material

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Proveďte konstrukční návrh vystřihovacího stroje na výrobu těsnících kroužků. Vstupním materiálem budou výstřižky kruhového tvaru, které jsou produkovány jako odpad při vystřihování těsnících kroužků vyšších rozměrových řad. Návrh proveďte pro vstupní kroužek o průměru 20 milimetrů a tloušťku 2 a 3 milimetry. Produkované těsnění bude 15x8mm, 18,5x12mm a 19x10mm. Rozsah výkresové dokumentace upřesní vedoucí diplomové práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

KALAB, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části spojovací*. 1. vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1290-8

KALAB, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části pohonu strojů*. 1. vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1860-3

DEJL, Z. *Konstrukce strojů a zařízení I. Spojovací části strojů. Návrh. Výpočet. Konstrukce*. Montanex a.s. Ostrava, 2000, ISBN 80-7225-018-3

MORAVEC, V., HAVLÍK, J. *Výpočet a konstrukce strojních dílů*. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2005, ISBN 80-248-0878-1

NĚMČEK, M. *Řešené příklady ČaMS Spoje*. 2.v. Skripta VŠB-TUO, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě15.5.2017

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 15.5.2017

.....
podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce: Aleš Kikta

Adresa trvalého pobytu autora práce: Dolní 311, Frenštát pod Radhoštěm, 74401

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KIKTA, A., *Stříhadlo těsnících kroužků z odpadového materiálu*: diplomová práce. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2017, 45 s., Vedoucí práce: Kubín, T.

Tématem diplomové práce je konstrukční návrh střížného stroje pro zpracování odpadu. Materiálem odpadu je vláknitá pryž ve formě kroužků příslušného průměru. Stříhací zařízení je schopno tento odpad dále zpracovávat na těsnící kroužky nižších rozměrových řad. Zařízení je navrženo s důrazem na ekonomická a ekologická hlediska zpracování nevyužitého odpadu. Všechny nově navržené i normalizované komponenty střížného stroje jsou součástí sestavy celého zařízení vytvořené v 3D prostředí. Závěrem diplomové práce je zpracována technická dokumentace se zobrazením celé sestavy střížného zařízení společně s výrobním výkresem středové hřídele.

Klíčová slova: stříhací zařízení, těsnící kroužky, excentrická hřídel, maltézský mechanismus

ANNOTATION OF THESIS

KIKTA, A., *Cutting machine for sealing rings from waste material*: thesis. Ostrava: VŠB-Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of production machines and design, 2017, 45 p., Thesis head: Kubín, T.

The subject of this diploma thesis is the design of a cutting machine for waste processing. The waste material are fibrous rubber rings in appropriate diameter. The cutting machine is able to process the waste further on sealing rings of lower dimensional rows. The machine is designed with focus on the economic and ecological aspects of unused waste processing. All newly designed and standardized components of the machine are part of the whole machine set up created in 3D environment. As a conclusion of the diploma thesis there is elaborated technical documentation which displays the entire machine assembly together with a production drawing of a center shaft.

Keywords: Cutting machine, sealing rings, eccentric shaft, maltese mechanism

Obsah

Seznam použitého značení	8
Úvod	10
1 Rešerše	11
1.1 Podstata práce, vstupní a výstupní materiál	11
1.2 Materiál těsnění	12
1.3 Typy materiálů	13
1.4 Možnosti zpracování	15
1.5 Princip stříhání	18
2 Popis, hlavní části a princip činnosti navrženého stříhacího zařízení	19
2.1 Hlavní části zařízení	19
2.2 Vnitřní části zařízení	20
2.3 Další části zařízení	22
2.4 Plnění zásobníku, vtlačování materiálu do otočného kotouče	23
2.5 Otáčení vloženého materiálu	25
2.6 Princip stříhání materiálu, vyvození střížné síly	26
3 Bezpečnostní prvky na zařízení	28
3.1 Oplechování řetězového pohonu a maltézského mechanismu	28
3.2 Zapnutí/vypnutí stroje, nouzové tlačítko STOP	29
3.3 Bezpečnostní magnetické spínače, tlumiče rázu poklopů	29
4 Experimentální stanovení střížné síly	31
4.2 Naměřené hodnoty, výpočet napětí ve stříhu	32
4.3 Výpočet střížné síly pro zadané těsnění	33

5	Navržení dílčích komponentů	35
5.1	Určení síly přes prvek vahadla	35
5.2	Určení momentu a reakcí na excentrické hřídeli	36
5.3	Určení pohonné jednotky zařízení	37
6	Závěr	41
7	Seznam použité literatury	43
8	Seznam příloh	45

Seznam použitého značení

Značka	Název	Jednotka
d	Průměr stříhaného těsnění z experimentu	[mm]
d_{1VNI}	Vnitřní průměr stříhaného těsnění pro 1. variantu	[mm]
d_{2VNI}	Vnitřní průměr stříhaného těsnění pro 2. variantu	[mm]
d_{3VNI}	Vnitřní průměr stříhaného těsnění pro 3. variantu	[mm]
d_{1VNE}	Vnější průměr stříhaného těsnění pro 1. variantu	[mm]
d_{2VNE}	Vnější průměr stříhaného těsnění pro 2. variantu	[mm]
d_{3VNE}	Vnější průměr stříhaného těsnění pro 3. variantu	[mm]
d_M	Průměr hřídele servomotoru	[mm]
f	frekvence otáčení servomotoru	[ot/min]
i_P	Převodový poměr šnekové převodovky	[-]
k_S	Bezpečnost při stříhu	[-]
n_P	Počet otáček výstupní hřídele šnekové převodovky	[ot/min]
r_{11V}	První polovina poloměru otáčení 1. vahadla varianty 2	[mm]
r_{12V}	Druhá polovina poloměru otáčení 1. vahadla varianty 2	[mm]
r_{21V}	První polovina poloměru otáčení 2. vahadla varianty 2	[mm]
r_{22V}	Druhá polovina poloměru otáčení 2. vahadla varianty 2	[mm]
r_{31V}	První polovina poloměru otáčení 3. vahadla varianty 2	[mm]
r_{32V}	Druhá polovina poloměru otáčení 3. vahadla varianty 2	[mm]
t	Tloušťka stříhaného materiálu z experimentu (2 mm)	[mm]
t_{EXC}	Vzdálenost osy excentru od osy otáčení excentrické hřídele	[mm]
t'	Tloušťka stříhaného materiálu (3 mm)	[mm]
F	Síla ve stříhu	[N]
F_1	Celková střižná síla pro 1. variantu	[N]
F_2	Celková střižná síla pro 2. variantu	[N]
F_3	Celková střižná síla pro 3. variantu	[N]
F_{1V}	Síla působící na začátku prvního vahadla	[N]
F_{2V}	Síla působící na začátku druhého vahadla	[N]
F_{3V}	Síla působící na začátku třetího vahadla	[N]
F_{1VNI}	Síla pro ustříhnutí vnitřního průměru pro 1. variantu	[N]
F_{2VNI}	Síla pro ustříhnutí vnitřního průměru pro 2. variantu	[N]
F_{3VNI}	Síla pro ustříhnutí vnitřního průměru pro 3. variantu	[N]
F_{1VNE}	Síla pro ustříhnutí vnějšího průměru pro 1. variantu	[N]

F_{2VNE}	Síla pro ustříhnutí vnějšího průměru pro 2. variantu	[N]
F_{2VNE}	Síla pro ustříhnutí vnějšího průměru pro 3. variantu	[N]
F_{N1}	Naměřená síla z experimentu první pokus	[N]
F_{N2}	Naměřená síla z experimentu druhý pokus	[N]
F_{N3}	Naměřená síla z experimentu třetí pokus	[N]
F_{N4}	Naměřená síla z experimentu čtvrtý pokus	[N]
F_V	Celková síla působící ze všech vahadel na excentrickou hřídel	[N]
F_{VYH}	Síla potřebná k vyhození zbylého materiálu	[N]
M_K	Celkový krouticí moment na excentrické hřídeli	[Nm]
M_{K1}	Dílčí krouticí moment od stříhu vnitřní díry	[Nm]
M_{K2}	Dílčí krouticí moment od stříhu vnější díry	[Nm]
M_{K3}	Dílčí krouticí moment od výhozu materiálu	[Nm]
M_{KM}	Krouticí moment servomotoru	[Nm]
M_{KP}	Krouticí moment na výstupní hřídeli šnekové převodovky	[Nm]
P	Jmenovitý výkon servomotoru	[W]
P_{PMAX}	Maximální hnací výkon šnekové převodovky	[W]
R_A	Reakce v ložisku na excentrické hřídeli pro místo A	[N]
R_B	Reakce v ložisku na excentrické hřídeli pro místo B	[N]
S	Plocha ve stříhu	[mm ²]
S_{1VNI}	Vnitřní střižná plocha materiálu pro 1. variantu	[mm ²]
S_{2VNI}	Vnitřní střižná plocha materiálu pro 2. variantu	[mm ²]
S_{3VNI}	Vnitřní střižná plocha materiálu pro 3. variantu	[mm ²]
S_{1VNE}	Vnější střižná plocha materiálu pro 1. variantu	[mm ²]
S_{2VNE}	Vnější střižná plocha materiálu pro 2. variantu	[mm ²]
S_{3VNE}	Vnější střižná plocha materiálu pro 3. variantu	[mm ²]
η_P	Účinnost šnekové převodovky	[-]
π	Matematická konstanta (Ludolfovo číslo)	[-]
τ_S	Napětí ve stříhu	[MPa]
τ_{Svyp}	Napětí ve stříhu výpočtové	[MPa]
ω	Úhlová rychlost	[rad/s]

Úvod

Diplomová práce je zaměřena na zpracování odpadu, který vzniká při zpracování, poměrně dost drahého materiálu, při práci na střížném stroji. V navrhovaném řešení je snaha zohlednit jak ekonomickou, tak také ekologickou stránku. Odpad při zpracování různých materiálů se vyskytuje téměř u všech typů zařízení. Práce se tedy zabývá následným zpracováním již zmiňovaného vzniklého odpadu.

První hledisko je ekonomické. Materiál, který je použit, je poměrně drahý. Z desek tohoto materiálu se vystřihují těsnění. Průřez těsnění je mezikružím. Značný podíl na odpadu má samotná deska, kterou střížný stroj prostřihává. Tato děrovaná deska je odpad, který tvoří asi 36% podíl z celkového materiálu. Tento odpad již není dále zpracováván a je vyhazován. Výstřížek - těsnění ve tvaru mezikružím, tvoří asi 34% podíl z celkové desky. Poslední procentuální část je odpad z mezikružím - průřezu kruhového, tvoří ji asi 30% z celkové desky. A pro těchto 30% jsem se rozhodl vytvořit tuto práci, protože si myslím, že je důležité prodat či dále zpracovávat i odpad.

Druhé hledisko je určitě ekologické a to z důvodu snižování odpadu, který pravděpodobně končí na skládce. Z těchto 30% odpadu z mezikružím, které budu zpracovávat, je možno snížit odpad až o 65%, při vystřihování nejvyšší možné řady. Myslím si, že každá redukce k snižování odpadu je správným krokem k naší lepší budoucnosti.

Cíle této práce

- zpracování rešerže - podstata práce, vstupní a výstupní materiál, materiál těsnění, možnosti zpracování, princip stříhání
- popis, hlavní části navrženého stříhacího zařízení
- princip činnosti stříhacího zařízení
- bezpečnostní prvky stříhacího zařízení
- experimentální stanovení střížné síly
- navržení dílčích komponentů
- zpracování výkresové dokumentace sestavy

1 Rešerše

V následující kapitole bude řešen odpadní materiál, a to vstupní a výstupní, následně také materiál těsnící, či jinými možnými materiály dostupnými na trhu. Již zmiňované materiály jsou velmi podobné. Liší se například ve složení, střižným odporem, vnitřní vložkou nebo podmínkami využití. V další části této kapitoly je poukázáno na různé způsoby zpracování zmiňovaných materiálů. V neposlední řadě je zde vysvětlen stříh a princip stříhu materiálů.

1.1 Podstata práce, vstupní a výstupní materiál

Hlavní podstatou této diplomové práce je dále využít materiál, který produkuje střižný stroj. Tento střižný stroj vystřihuje těsnící kroužky z desek. Tyto desky jsou popsány níže. Tvar těchto kroužků je mezikružní. Tyto kroužky se následně prodávají, ale odpad, který vzniká při stříhání, se dále nezpracovává. Diplomová práce je tedy zaměřena na možné potenciální další zpracování tohoto odpadu.

Na obr. 1 je znázorněn materiál, který je použit v této práci. Kroužek má průměr 20 milimetrů, tloušťka materiálu je 2 milimetry. Povrch kroužku je hladký. Materiál těchto kroužků je vláknitá pryž. Po obvodu je kroužek drsný z důvodu předešlého stříhu. Předpokládá se velkosériová výroba tohoto těsnění. Zadání diplomové práce dodává rozšiřitelnost navrženého zařízení pro tento vstupní materiál s průměrem 20 milimetrů a tloušťkou 3 milimetry.



Obr. 1 - Vstupní materiál, průměr 20 milimetrů, tloušťka 2 milimetry

Tento vstupní materiál bude použit v práci a výsledkem budou těsnící kroužky nižších rozměrových řad. Tyto řady jsou v zadání diplomové práce a jsou uvedeny na obrázcích 2 a 3.

Rozměr 15x8 mm



Rozměr 18,5x12 mm



Rozměr 19x10 mm

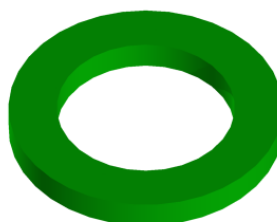


Obr. 2 - Výstupní materiál s tloušťkou 3 mm

Rozměr 15x8 mm



Rozměr 18,5x12 mm



Rozměr 19x10 mm



Obr. 3 - Výstupní materiál s tloušťkou materiálu 2 mm

1.1 Materiál těsnění

Materiál těsnění je vláknitá pryž, která se hodí pro širokou škálu různého odvětví, například ve strojírenství, potravinářství nebo v chemickém průmyslu. Skládá se z aramidového vlákna, které je zalito v syntetickém elastomeru, neboli pryži nitril. Pryž nitril je vhodný pro svou vysokou tažnou sílu, vydrží značné opotřebení a trvalé deformace. Teplotní rozsah působení pryže nitrilu jsou od -10°C až do 100°C .

Celkově vláknitá pryž je vhodná proti různým vnějším vlivům jako jsou alkoholy, oleje, voda, pára, solné roztoky, kyseliny nebo uhlovodíky. Na obrázku 4 je znázorněna část desky firmy KLINGER typ C-4400, který je použit v této práci. Základní rozměry těchto desek jsou 2000×1500 mm nebo 1000×1500 mm. Tloušťky těchto desek nabývají hodnoty od 0,4; 0,6; 0,8; 1; 1,5; 2; 3; 4; 5 nebo 6,4 mm.



Obr. 4 - Část desky materiálu pro tvorbu těsnění [2]

V tabulce 1 je možno vidět další vlastnosti tohoto materiálu jako například hustota, stlačitelnost nebo tepelná vodivost. Přijatelné pracovní podmínky, kdy může tento materiál spolehlivě pracovat je teplota od -100°C do 175°C při 0 až 40 barech. Pokud potřebujeme jiný rozsah teplot nebo tlaku, musíme diskutovat s výrobcem tohoto materiálu, zda při rozdílných tlacích nebo teplotě materiál spolehlivě zajistí těsnost. Tlaková stálá pevnost je 32 MPa při 175°C

Tab. 1 - Vlastnosti materiálu firmy KLINGERSIL typ C-4400 pro tloušťku 2mm [2]

Vlastnost	Hodnota	[jednotka]
Hustota	1,6	[g/cm ³]
Stlačitelnost	11	[%]
Tepelná vodivost	0,4-0,42	[W/mK]
Třída těsnosti L	0,1	[-]
Hodnota pružné deformace	0,019	[mm]
Odpružení	55	[%]

1.2 Typy materiálu

Firma KLINGER vyrábí i jiné vláknito-pryžové desky v širokých škálách použití. Objevují se zde různé typy, vybrané jsou zde uvedeny. Rozměry desek jsou u uvedených stejné. Jsou to rozměry 2000 x 1500 mm nebo 1000 x 1500 mm. Tloušťky jsou po půl milimetru od 0,5 mm do 3 mm.

Typ Klingsil C-4106 vhodný pro menší plošné zatížení. Skládá se ze syntetických materiálu spojené pryž nitrilem. Stlačitelnost je zde 30%. Hustota tohoto materiálu je 1 gram na centimetr krychlový. Tlaková stálá pevnost je 15 MPa při 100°C. Na obrázku 5 je možno vidět část desky tohoto typu.



Obr. .5 - Část desky typu Klingsil C-4106 [3]

Typ Klingsil C-4430 tento materiál vydrží nejvyšší tlaky při použití na vodu a páru. Skládá se ze syntetických a skelných vláken spojené opět pryž nitrilem. I tento

materiál vydrží oleje i uhlovodíky. Stlačitelnost je 9%, hustota je $1,75 \text{ g/cm}^3$. Tlaková stálá pevnost je 39 MPa při 175°C . Na obrázku 6 je možno vidět část tohoto materiálu.



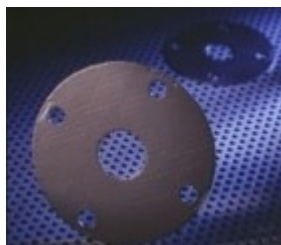
Obr. 6 - Část desky tup Klingsil C-4430 [4]

Další typ je Maxil 1000R. Tento materiál má hustotu $1,9 \text{ g/cm}^3$. Skládá se z aramidových vláken, které jsou spojeny nitril pryží. Uvnitř tohoto materiálu je drátěná vložka, která je vhodná pro vysoké zatížení. Vhodná pro slabé kyseliny, louh, vodu nebo pro plyny. Stlačitelnost materiálu je 9%. Tlakově stálá pevnost dosahuje nejvyšších hodnot 35 MPa při 175°C . Na obrázku 7 je možno vidět část tohoto materiálu.



Obr. 7 - Část desky typu Maxil 1000R [5]

Materiál Klinger PSM je složen z expandovaného grafitu, který je válcován na nerezový plech. Těchto vrstev grafitu je na plechu více. Materiál je vhodný pro vysoké teplotní i chemické zatížení. Tlaková stálá pevnost je minimálně 47 MPa při 300°C . Hustota je 1 g/cm^3 . Na obrázku 8 je možno vidět výrobek z expandovaného grafitu.



Obr. 8 - Těsnění z expandovaného grafitu [6]

Typ Klinger top-chem 2000 je materiál z bi-axiálně orientovaného orientovaného teflonu, který je plněn karbidem křemíku. Tento typ je obousměrně orientován, nedochází

k tečení za tepla. Stlačitelnost teflonu je pouze 2%. Tlaková stálá pevnost je 35 MPa při 300°C. Velmi dobře materiál odolává silným kyselinám i louhu. Na obr. 9 je ukázán typ top-chem 2000.



Obr. 9 - Materiál z teflonu plněný karbidem křemíku [7]

Poslední uvedený materiál je Klinger Milam PSS, který je složen z více vrstev lisované slídy. Tato slída je válcována na nerezový plech. Používá se pro vysokoteplotní operace s teplotami do 900°C. Tlaková stálá pevnost je 33 MPa při 300°C. Vhodný pro těsnění motorů a podobně. Na obrázku 10 je zde vidět typ Milam PSS.



Obr. 10 - Klinger Milam PSS - vrstvy slídy na plechu [8]

1.3 Možnosti zpracování

Podkapitola se zabývá různými možnostmi, jak s materiály, popřípadě s deskami, které chceme dále zpracovávat, zacházet. Možností je spousta, od ručního zpracování až po zpracování strojní. Uvedené jsou zde čtyři příklady.

Ruční vysekávání

Tato metoda je vhodná především pro malosériové dodávky těsnění. Je to méně efektivní metoda, která se dělá ručně. Vhodná je pro menší obrobky válcovitého tvaru do maximálních rozměrů 4,5 metru. Ruční vysekávání se hodí i pro tvarově složitější nebo nestandardní rozměry. Metoda je vhodná pro různé typy materiály jako například guma, vláknitopryžové desky, bezazbestové nebo grafitové materiály. Postup není vhodný pro

materiály, které v sobě mají zabudovaný ocelový nebo nerezový plech. Na obrázku 11 můžeme vidět ruční vysekávání.



Obr. 11 - Ruční vysekávání materiálu [9]

Strojní vykrojování

Metoda vykrojování spočívá ve 2D posuvu stroje, kdy posouváním horního mechanismu dojde k vykrojování jednotlivých kusů z materiálu. Metoda se hodí především pro malosériovou výrobu nebo pro jednotlivé kusy, pro vykrojování pouze mezikružích a to do rozměrů o průměru 1500 mm.



Obr. 12 - Vykrojovací stroj [10]

Strojní vysekávání

Metoda je vhodná pro velké série především kruhových tvarů. Tvarově složitější kusy je touto metodou méně vhodné vysekávat, z důvodu tvarově složitějších střižnic a střižníků. Dle typu stroje lze však vysekávat materiály až do průměru 0,5 metru a tloušťky do 10 mm. Pohon vysekávání je uskutečněn především pomocí hydraulických lisů. Touto

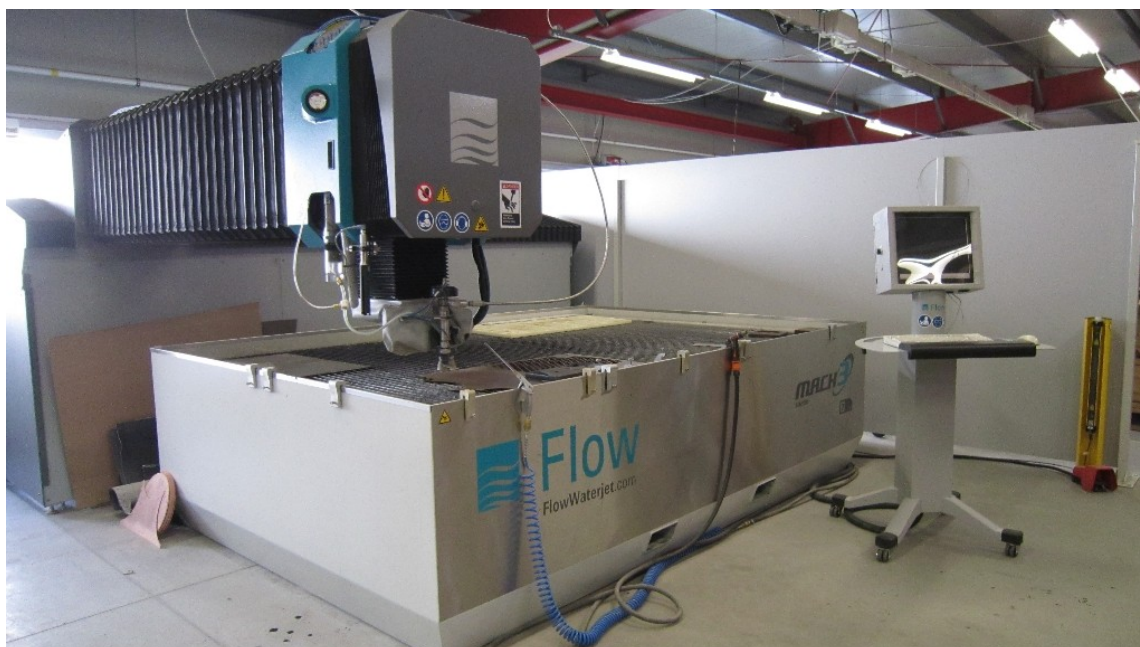
metodou lze vysekávat spoustu materiálu od pryže, silikonu, bezazbestových materiálu až po kůži. Na obrázku 13 lze vidět stroj pro vysekávání těsnění z různých materiálu.



Obr. 13 - Vysekávací stroj [11]

Řezání vodním paprskem

Vodní paprsek je velmi drahý způsob dělení materiálu zvláště pro těsnění. Velkou výhodou tohoto zařízení je libovolný tvar těsnění. Produkce tohoto zařízení může být kusová až sériová výroba. Tento stroj odstraňuje nedostatky předchozích zařízení. Může řezat těsnění do maximálních rozměrů zařízení což je 2x3 metry a do tloušťky materiálu 150 milimetrů. Řezat může i těsnění, které v sobě mají ocelovou vložku nebo materiály, které se špatně vysekávají jako například expandované grafity.



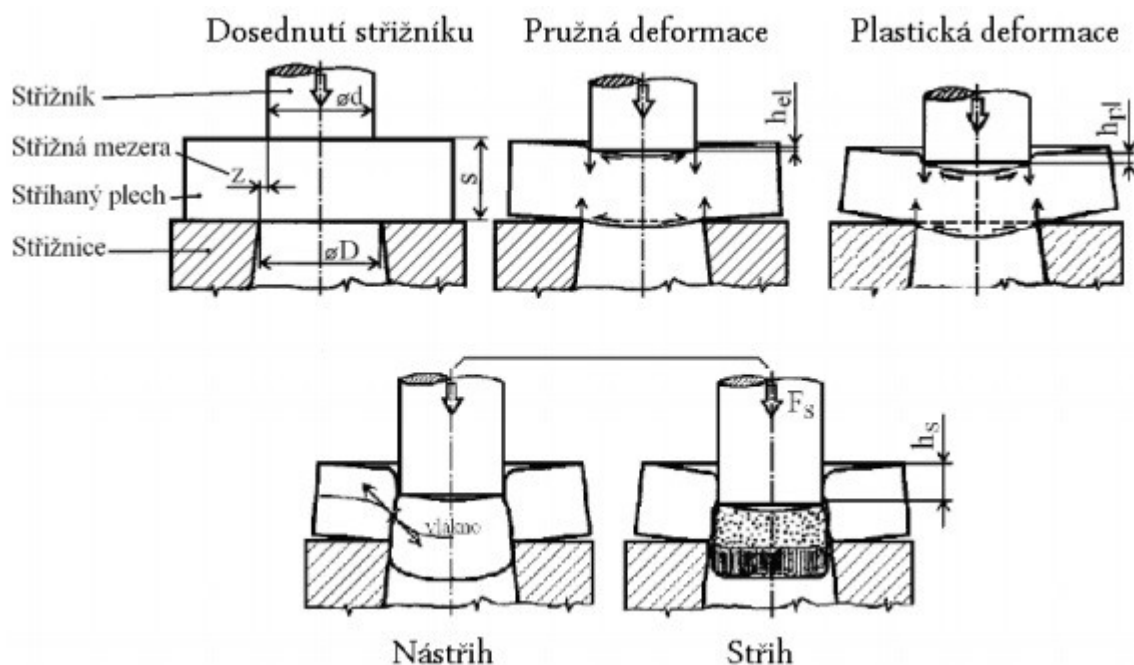
Obr. 14 - Řezání vodním paprskem [12]

1.4 Princip stříhání

Jedním ze základních typů dělení materiálu je stříhání. Princip je vhodný pro tváření zatepla i zastudena. Stříhání je operací plošného tváření, kde končí porušení soudružnosti materiálu lomem v ohnisku plastické deformace. Materiál je postupně anebo současně oddělován pomocí působení protilehlých střížných hran (střížnice, střížník). V těchto hranách se vytváří smykové napětí. Stříháním se vytváří polotovary nebo finální výrobky jako je například těsnění.

Průběh střížného procesu

Stříhání probíhá ve třech fázích. V první fázi střížník dosedne na materiál. Dochází zde k pružnému vniknutí střížníku a vtažení materiálu do střížnice. Materiál, který stříháme, se začne ohýbat. Druhou fází je přechod pružných deformací do deformací plastických. Zde je překročena mez kluzu, na střížných hranách dosahujeme meze pevnosti. V poslední fázi dojde na mez pevnosti ve stříhu, na hranách materiálu se začínají tvořit trhlinky. Tyto trhlinky se šíří celým materiálem, až dojde k přestříhnutí celého materiálu. Stříhaný materiál se oddělí od celku ještě dříve, než střížník prostříhne celou tloušťku materiálu stříhaného. Tento průběh střížného procesu je možné vidět na obrázku 15.



Obr. 15 - Průběh střížného procesu [13]

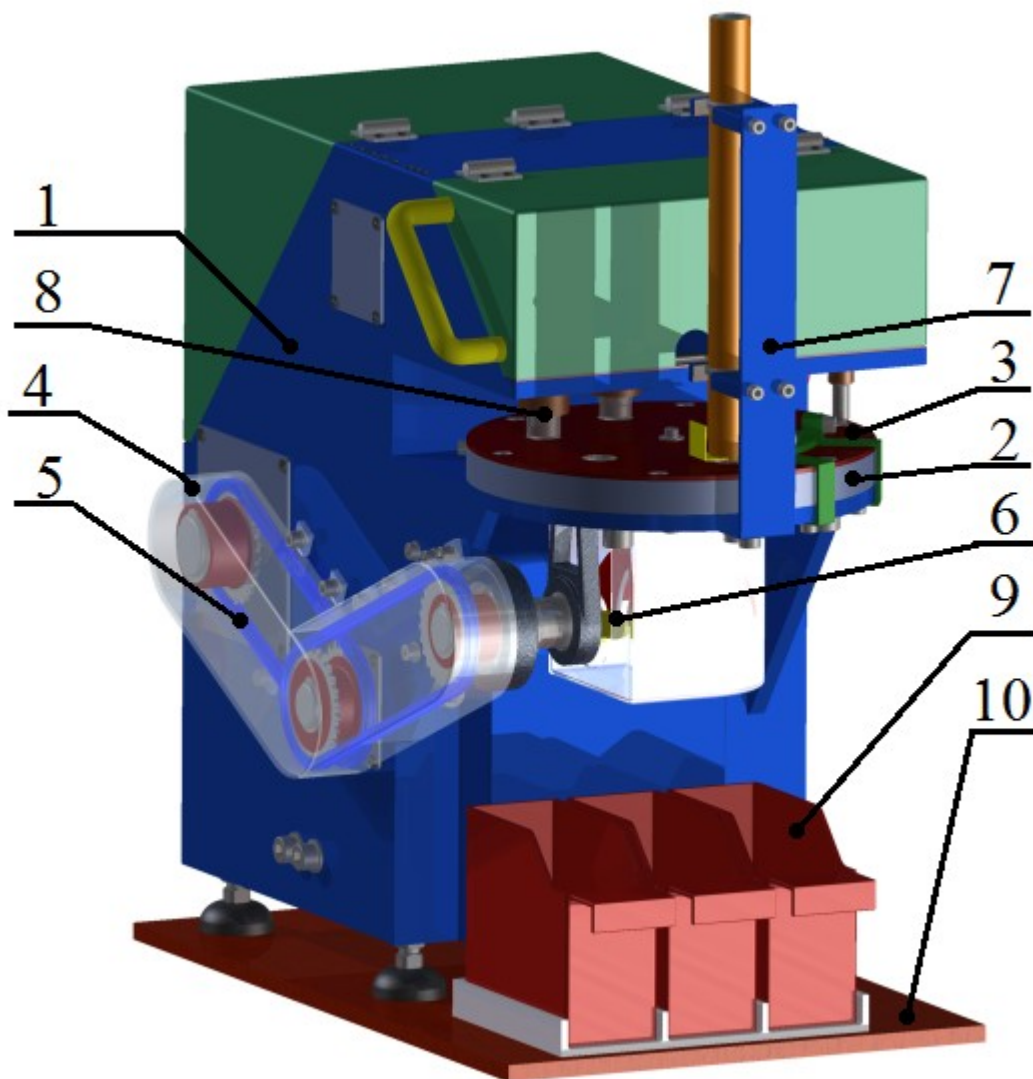
2 Popis, hlavní části a princip činnosti navrženého stříhacího zařízení

Na základě zadání byl proveden konstrukční návrh stříhacího zařízení na výrobu těsnících kroužků. V úvodu práce byl zmíněn vstupní materiál, který není konstantní, mění se jeho tloušťka. Tento problém byl v práci vyřešen pomocí nastavitelných rozměrů všude tam, kde to bylo zapotřebí. Výstupním materiálem jsou produkované těsnění nižších rozměrových řad. Produkované série jsou odstupňovány a uvedeny v rešerši této práce. Díky rozdílným rozměrům výstupních materiálu je možnost měnit střížníky a střížnice. V úvodu kapitoly je uvedeno, z jakých konkrétních částí se toto zařízení skládá. Níže jsou popisy, které slouží k lepší představě uvnitř zařízení. Další stěžejní částí je princip činnosti. Uvedeno je zde vkládání vstupního materiálu do zásobníku. Dále je zmíněno, jakým způsobem se uvádí zařízení do chodu a v neposlední řadě je řečeno, jak se mění krouticí moment na střížnou sílu. Díky této změně může zařízení fungovat. Navržené zařízení je uvedeno v obrázku 16.

2.1 Hlavní části tohoto zařízení

Tyto části jsou očíslovány v obrázku 16.

- rámová sestava (pozice 1)
- pevný kotouč s vyměnitelnými střížnicemi (pozice 2)
- otočný kotouč pro vstupní materiál (pozice 3)
- krytí řemenových převodů (pozice 4)
- řemenový pohon (pozice 5)
- maltézský mechanismus (pozice 6)
- zásobník vstupního materiálu (pozice 7)
- vyměnitelné střížníky (pozice 8)
- zásobník pro výstupní a odpadový materiál (pozice 9)
- podložka (část stolu, deska) (pozice 10)



Obr. 16 - Stříhací zařízení

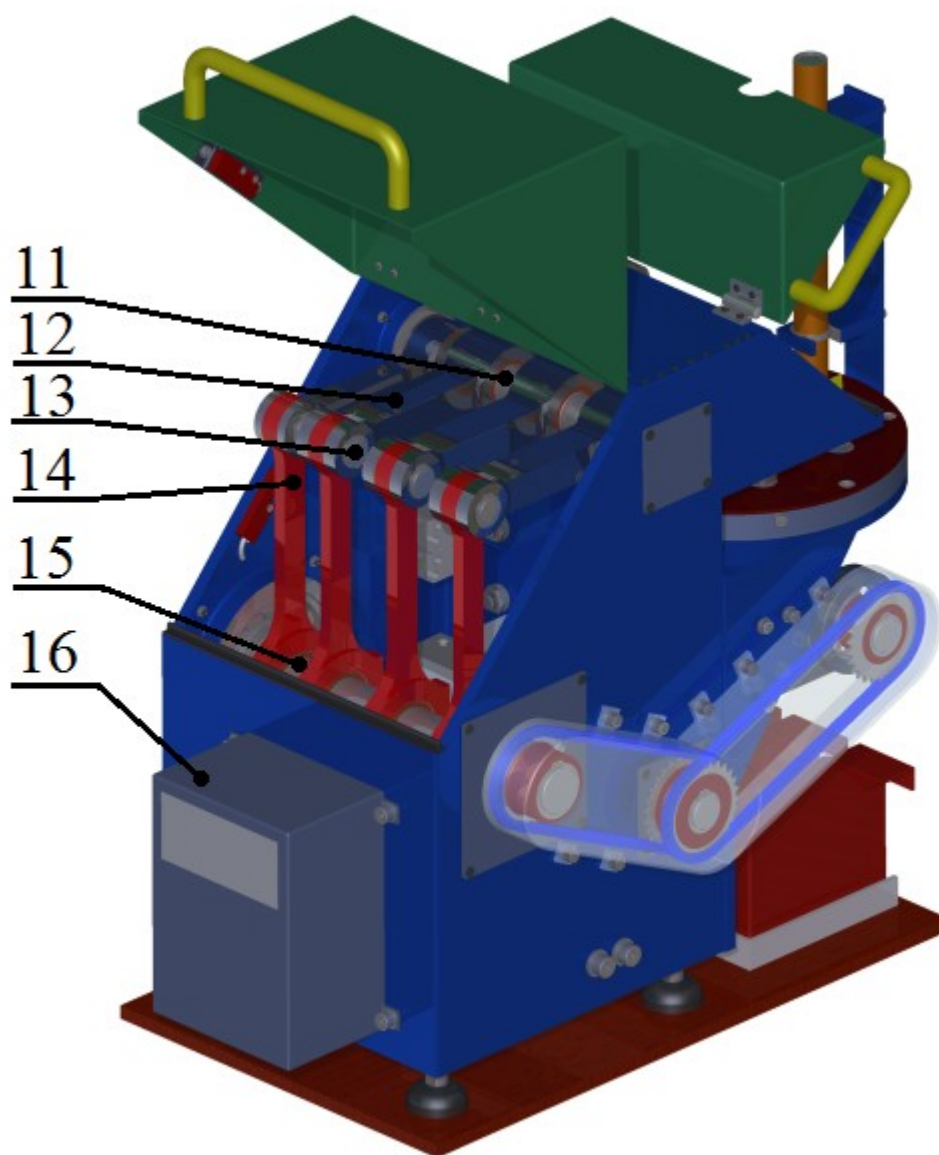
Další části tohoto zařízení je možné vidět na obrázcích 17 a 18. V těchto obrázcích je zřetelnější pohled do tohoto zařízení díky otevření předního a zadního víka. Tyto víka se dají jednoduše otevírat a zavírat díky pantům, které jsou přišroubované. V předním víku, které se dá otevírat, je konstrukční otvor. Tento otvor slouží k tomu, aby víko nebylo v kolizi se zásobníkem.

2.2 Vnitřní části zařízení

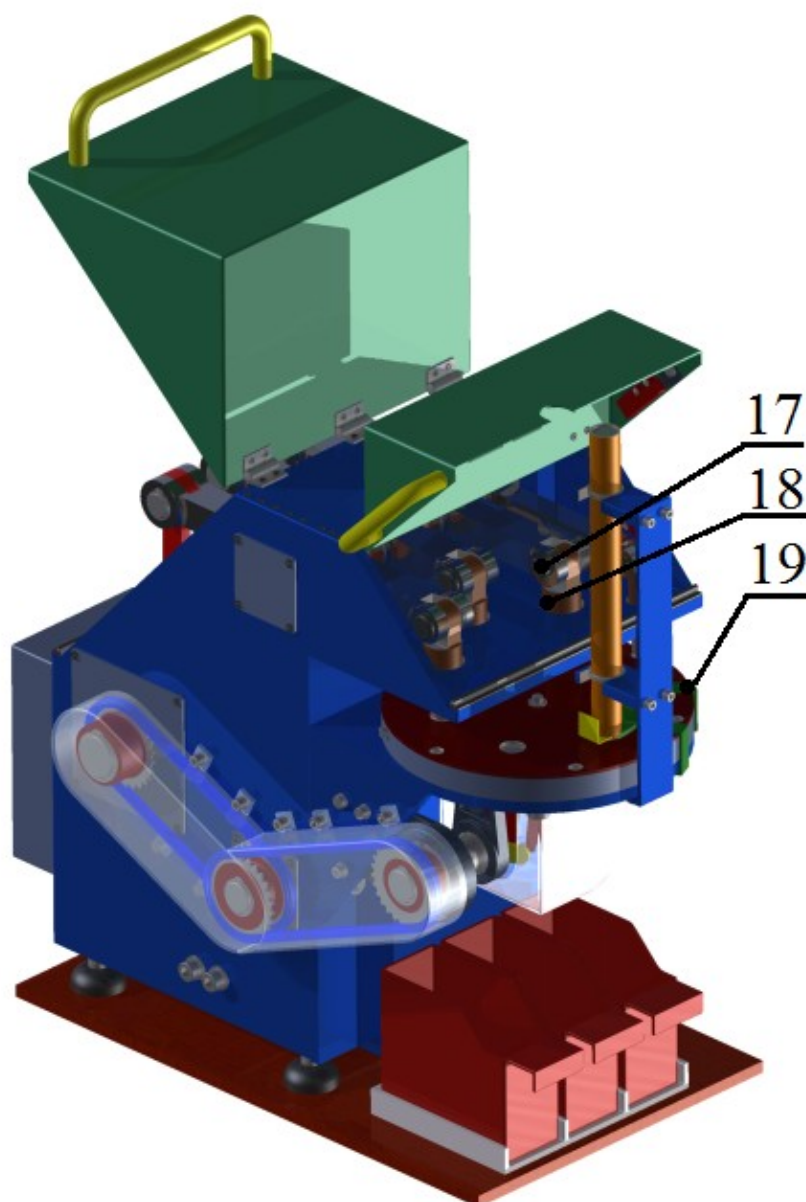
Tyto části jsou očíslovány a jsou uvedeny v obrázcích 17 a 18

- středová hřídel (pozice 11)
- vahadlo (pozice 12)
- ojnicí čep (pozice 13)

- dělená ojnice (pozice 14)
- excentrická hřídel (pozice 15)
- krytí elektromotoru (pozice 16)
- čep táhla (pozice 17)
- táhlo (pozice 18)
- součást pro vtlačování materiálu do kotouče (pozice 19)



Obr. 17 - Zadní pohled na otevřené stříhací zařízení

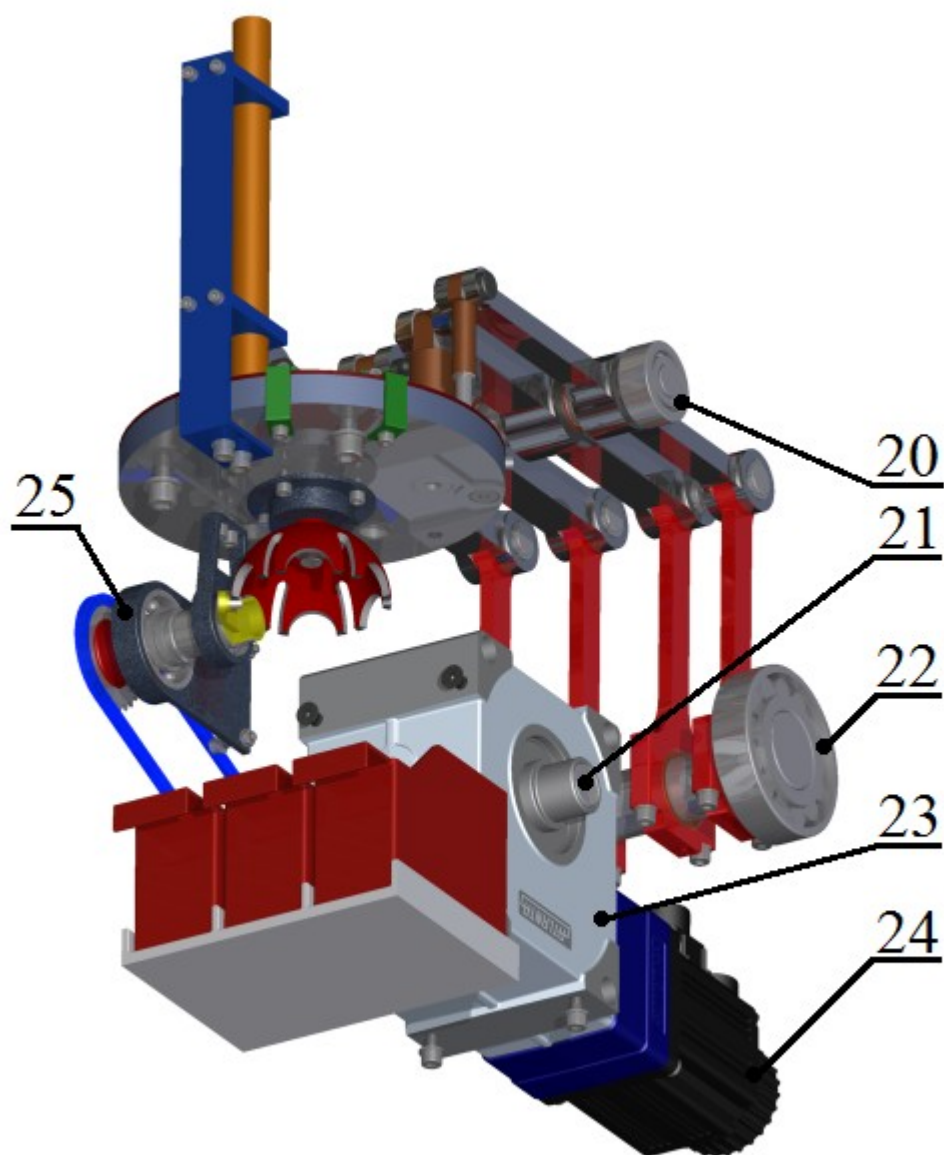


Obr. 18 - Přední pohled na otevřené stříhací zařízení

Poslední obrázek věnující se popisu zařízení je obrázek 19. Tento obrázek je bez rámové sestavy z důvodu předešlé neviditelnosti pohonné jednotky, ložisek, držáku ložisek na hřídeli, která otáčí kotoučem.

2.3 Další části zařízení - tyto části jsou očíslovány a jsou uvedeny v obrázku 19

- ložisko středové hřídele (pozice 20)
- hřídel od převodovky (pozice 21)
- ložisko excentrické hřídele (pozice 22)
- šneková převodovka (pozice 23)
- servomotor (pozice 24)
- držák ložiska otáčecí hřídele (pozice 25)

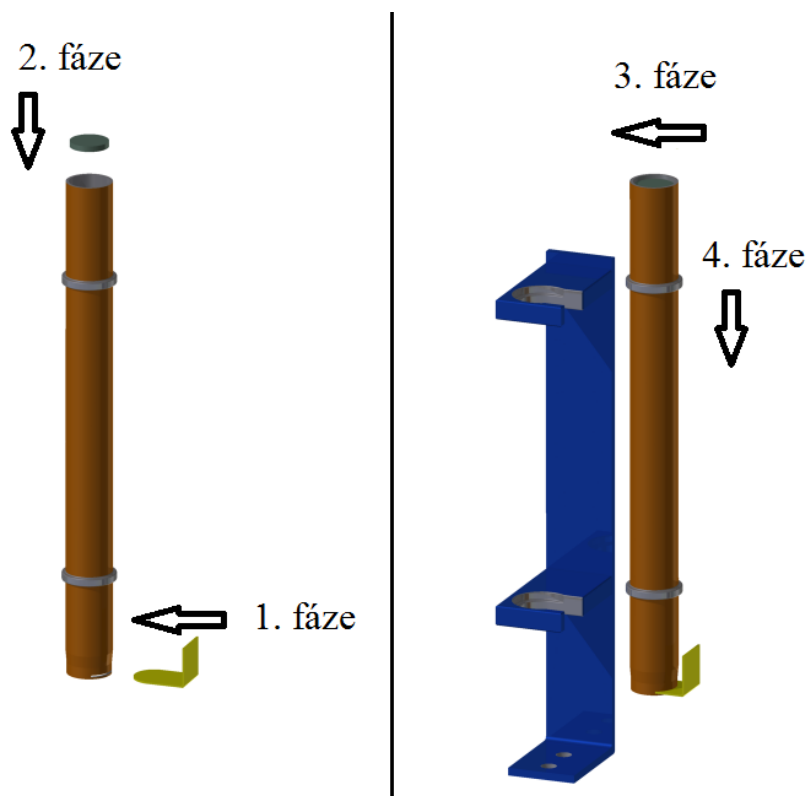


Obr. 19 - Spodní pohled na stříhací zařízení bez rámové sestavy

2.4 Plnění zásobníku, vtlačování materiálu do otočného kotouče

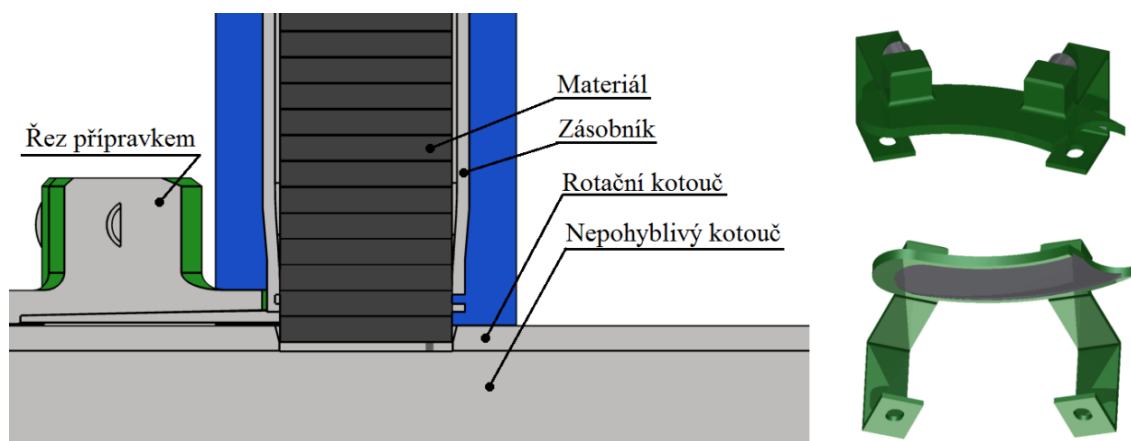
Válcovitý zásobník je nejprve nutno zespod uzavřít spodním dorazem. V dolním konci zásobníku je 1 milimetr tlustá drážka právě na doraz. Zásobník má v konci snížen průměr shodný s vstupním materiálem. Po zajištění dorazu můžeme vkládat vstupní materiál do válcovitého zásobníku. Maximální počet vstupního materiálu pro tloušťku 3 milimetry je 86, pro tloušťku 2 milimetry je počet 130 kusů. Vkládání dolního dorazu společně se vstupním materiálem je uvedeno v první části obrázku 23. Pokud je zásobník uzavřen a naplněn, vkládá se do držáku zásobníku. Vkládá se tam z levé strany a zatlačí do

drážek. Vnější průměr zásobníku je 24 milimetrů přesně jako otvor v držáku. Drážky, které jsou na zásobníku, mají průměr 28 a zapadávají přesně do horních drážek držáku. Aby bylo možné zásobník odebrat, musí se nadzvednout a vysunout opět do leva. Postup vkládání zásobníku do držáku je součástí druhé poloviny obrázku 23. Pokud je vše na svém místě, můžeme vysunout doraz.



Obr. 23 - Plnění zásobníku, vložení zásobníku do držáku

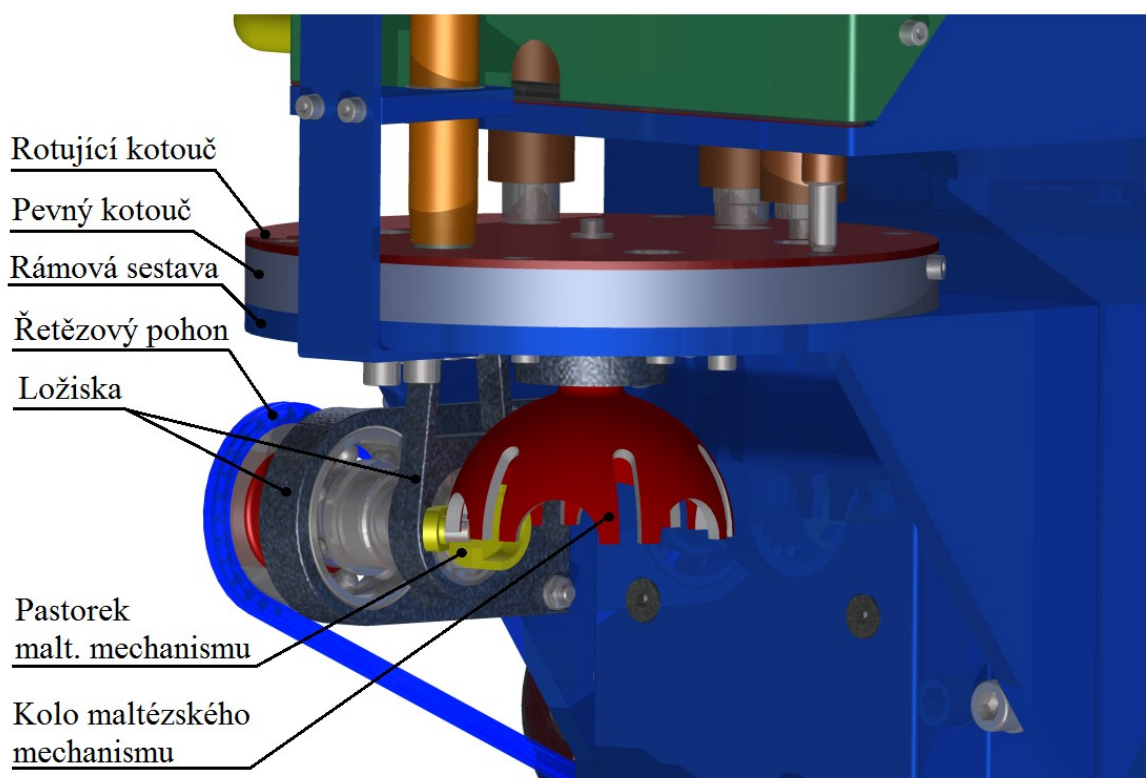
Pomocí gravitace se materiál dostane ze zásobníku do otočného kotouče. Jedná se o volný pád materiálu do kruhové díry rotačního kotouče. Kotouč má šířku stejnou, jako vkládaný materiál, což znamená, že pro tloušťku 3 milimetry materiálu je stejná i tloušťka kotouče. Ve vrchní části kruhové díry kotouče je sražení z důvodu lepšího zapadnutí materiálu do této díry. Pokud materiál dopadl na spodní hranu sražení, jak je možné vidět z obrázku 24, může se kotouč otočit o 60°. Díky přípravku, který je vidět na tom samém obrázku v druhé polovině, se materiál jednoduše zatlačí až na nepohyblivý kotouč. Přípravek je širší ocel, která je vyfrézována do určitého tvaru. Tvar je část kružnice, která odpovídá roztečnému průměru rotačního kotouče. Ve spodní části má vyfrézovanou drážku, která je zatočena stejným poloměrem jako součást. Průměr drážky je totožný s průměrem vstupního materiálu. Vyfrézovaná drážka je se zkosením, aby se součást jednoduše zatlačila do rotačního kotouče, když bude vykonávat pohyb o 60°.



Obr. 24 - Způsob vkládání materiálu do kotouče, přípravek na zatlačování

2.5 Otáčení vloženého materiálu

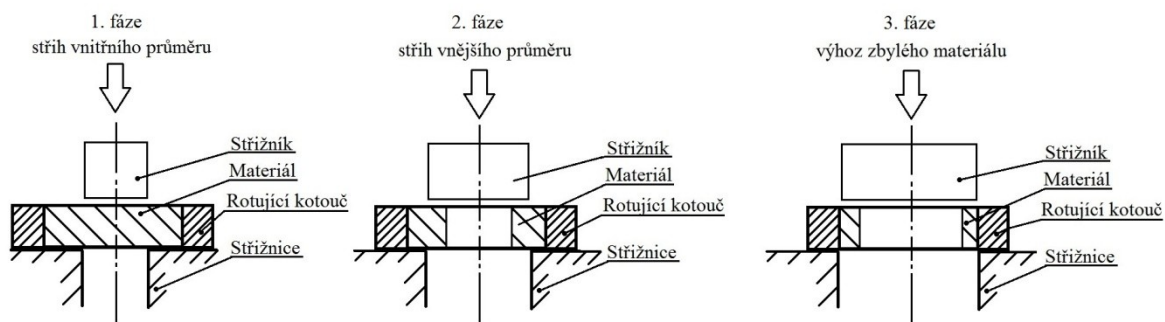
Rotační kotouč, který v sobě nese materiál, má v sobě šest děr. Tyto díry jsou na stejném roztečném průměru a je mezi nimi úhel 60° . Aby bylo možné s tímto kotoučem otáčet bylo nutné dopravit krouticí moment od převodovky ke kotouči. Od převodovky je krouticí moment přenášen přes řetězový pohon na hřídel otáčení. Na konci této hřídele je pomocí pera pevně chycen nepřetržitě rotující pastorek. Ten zabírá s kolem. Toto kolo je rozděleno na šest částí. Tento mechanismus se jmenuje maltézský mechanismus. Rozkládá nepřetržitou rotaci na počet částí, kolik jich kolo má. V tomto případě šest částí. Kolo je zde chyceno dvěma kuličkovými ložisky s kosoúhlým stykem. Přičemž jedno je chyceno k rámové sestavě, druhé je v nepohyblivém kotouči. Hřídel, která nese kolo je pevně spojena s rotujícím kotoučem pomocí koncové drážky na hřídeli a šroubem s podložkou. Tímto bylo dosaženo přerušovaného chodu rotujícího kotouče. Obrázek 25 znázorňuje maltézský mechanismus společně s rotujícím i nepohyblivým kotoučem a dalšími součástmi, které jsou nezbytné pro funkčnost tohoto pohybu.



Obr. 25 - Popis součástí potřebné k přerušovanému rotujícímu pohybu

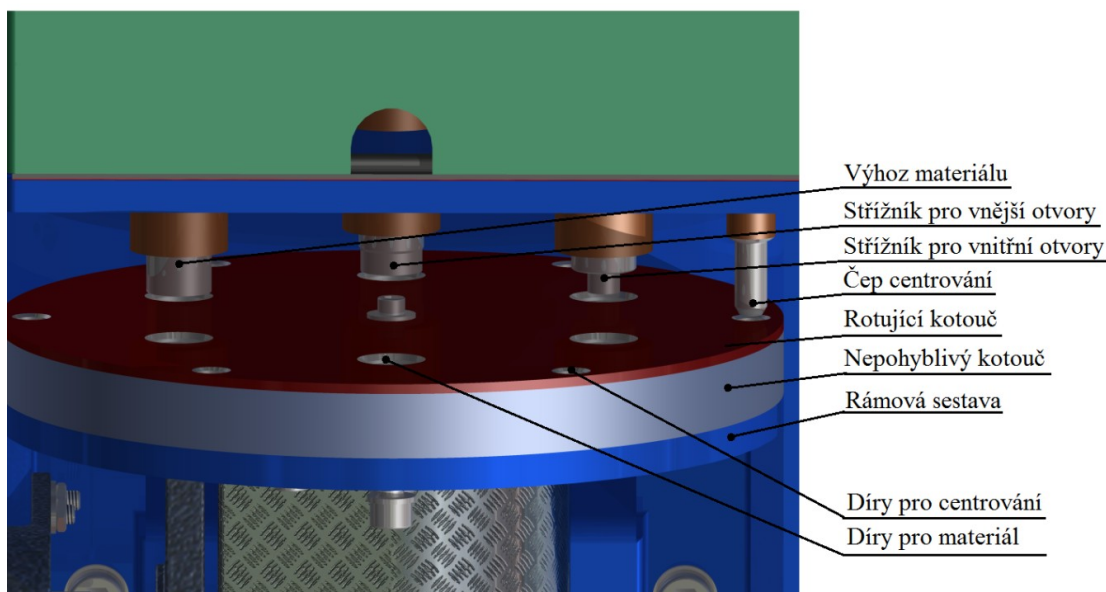
2.6 Princip stříhání materiálu, vyvození střížné síly

Výše uvedený text hovoří o způsobu plnění materiálu, o tom jak funguje zatlačování materiálu do rotujícího kotouče a o jeho následném pohybu. Nyní bude čtenářům vysvětleno, jak probíhá stříh materiálu. Kotouč je již naplněn jedním kusem materiálu a pomocí přípravku je zatlačen úplně do kotouče. Toto zatlačování se odehrává na úseku 60° . Při dalším otočení o ten samý úsek, se materiál dostává pod malý střížník, viz fáze 1. Zde se provede stříh vnitřního průměru. Odpad z tohoto stříhu padá do prvního kastlíku. Zbýlý materiál pokračuje opět o úsek 60° . Zbýlý materiál, ve formě mezikruží, se dostává na stříh číslo 2. Zde se provádí stříh vnějšího průměru, viz fáze 2. Z druhého stříhu dostáváme těsnicí kroužek, který následně padá do druhého kastlíku. Zbýlý materiál je pořád v rotujícím kotouči opět ve formě užšího mezikruží. Když se kotouč otočí o dalších 60° , dostává se do poslední fáze. V této fázi dojde k odstranění zbylého materiálu z kotouče. V poslední fázi se nejedná o stříh, ale pouze o protlačení zbylého materiálu, který padá do posledního neboli třetího kastlíku. Tyto tři fáze jsou znázorněny v jednoduchém obrázku číslo 26.



Obr. 26 - Princip činnosti střížného zařízení v jednotlivých krocích

Na posledním obrázku této kapitoly, obrázek 27, jsou znázorněny střížníky, rotující kotouč a centrování. Centrování kotouče probíhá dříve než samotný stříh. Toto centrování je posunuto dále od osy otáčení vahadel, a tudíž bude centrování vždy dříve než stříh. Centrování je provedeno díky šesti menším otvorům na rotujícím kotouči a jedné díře téhož průměru na nepohyblivém kotouči. Čep, sloužící k centrování, zajede do díry na rotujícím kotouči, projede ji a vycentruje rotační kotouč díky díře v nepohyblivém kotouči. Na tomto čepu je zkosení, které napomáhá k centrování.



Obr. 27 - Znázornění součástí pro stříh a centrování rotujícího kotouče

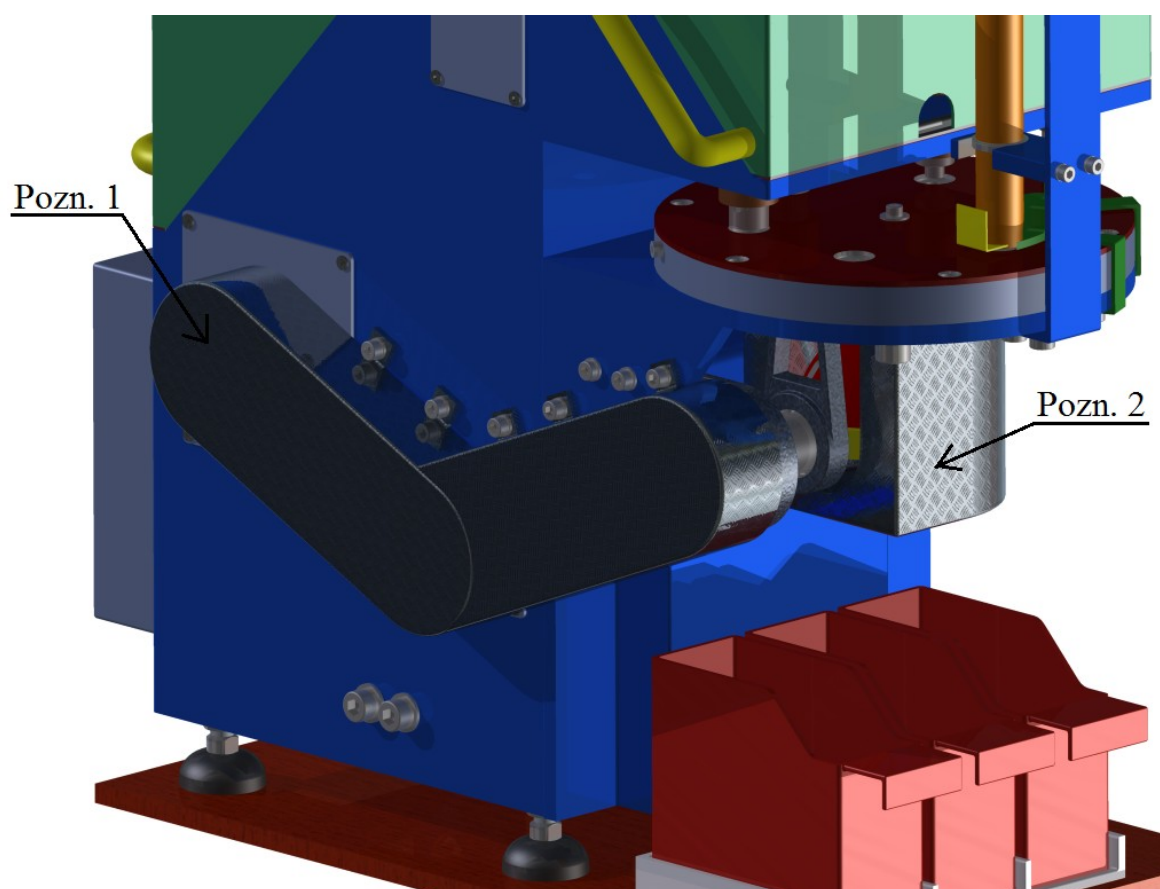
Střížná síla je vyvozena elektromotorem, který je zdrojem krouticího momentu pro celé zařízení. Otáčky elektromotoru jsou redukovány díky šnekové převodovce. Převodovka zvětší krouticí moment. Díky řetězovému převodu se moment dostane k excentrické hřídeli. Na této hřídeli jsou dělené ojnice, které převádí rotační pohyb na pohyb posuvný. Ojnice jsou pomocí čepů spojeny s vahadlem a vahadlo s táhly na, kterých jsou střížníky a centrování.

3 Bezpečnostní prvky na zařízení

V této kapitole se práce věnuje bezpečnostním prvkům, kterými je zařízení vybaveno. Jedná se především o ochranu pracovníka, který bude stroj obsluhovat. Další ochrana slouží k nepoškození zařízení, když je v chodu.

3.1 Oplechování řetězového pohonu a maltézského mechanismu

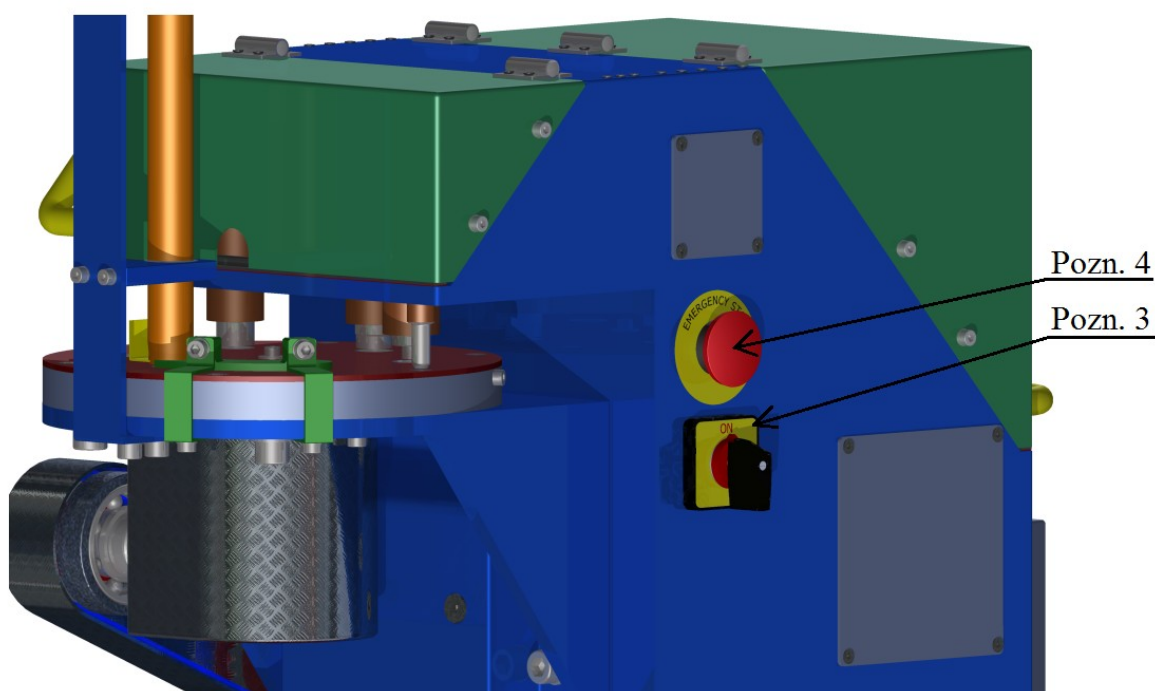
Na prvním místě je bezpochybně ochrana zdraví obsluhy. Proto byla řešena především ochrana před rotujícími částmi. V prvním případě se jedná o dvojitý řetězový pohon, který je veden od hřídele pohonu k excentrické hřídeli a od hřídele pohonu k hřídeli maltézského mechanismu. Bylo navrženo oplechování, které se přišroubuje k rámové sestavě. Skládá se ze svařovaných plechů s tloušťkou 2 mm, viz Pozn. 1. V druhém případě bylo zapotřebí oplechovat maltézský mechanismus, který je navíc stejně uložen jako kuželové soukolí. Oplechování je svařeno ze dvou plechů s tloušťkou 2 mm, viz Pozn. 2. Toto oplechování je taktéž přišroubováno na rámovou sestavu. Obě bezpečnostní oplechování je možné vidět na obrázku číslo 20.



Obr. 20 - Oplechování řetězového pohonu a maltézského mechanismu

3.2 Zapnutí/vypnutí stroje, nouzové tlačítko STOP

Každé zařízení musí být vybaveno přepínačem, který uvádí stroj do pohybu. Na tomto zařízení, na pravé straně, je umístěn otočný přepínač dvoupolohový. Pokud je tento přepínač v poloze vertikální, je zařízení zapnuto. V horizontální poloze je stroj vypnut. Na obrázku 21 je tento přepínač znázorněn, viz Pozn. 3. Přepínač byl stažen z online webové databáze modelů [14]. Firma, která dodává tyto přepínače, se jmenuje RS-COMPONENTS. Od stejného dodavatele je také nouzové tlačítko STOP. V nestisknuté poloze zařízení funguje. V případě jakýchkoli problému na zařízení nebo na bezpečnosti obsluhy je nutno toto tlačítko stisknout směrem do stroje. To má za následek okamžité vypnutí celého zařízení. Toto tlačítko je zobrazeno v obrázku 21, viz Pozn. 4. Nouzové tlačítko STOP bylo také staženo z online webové databáze modelů [15]. Tyto tlačítka jsou kabely propojeny s jednotkou, která ovládá elektromotor.

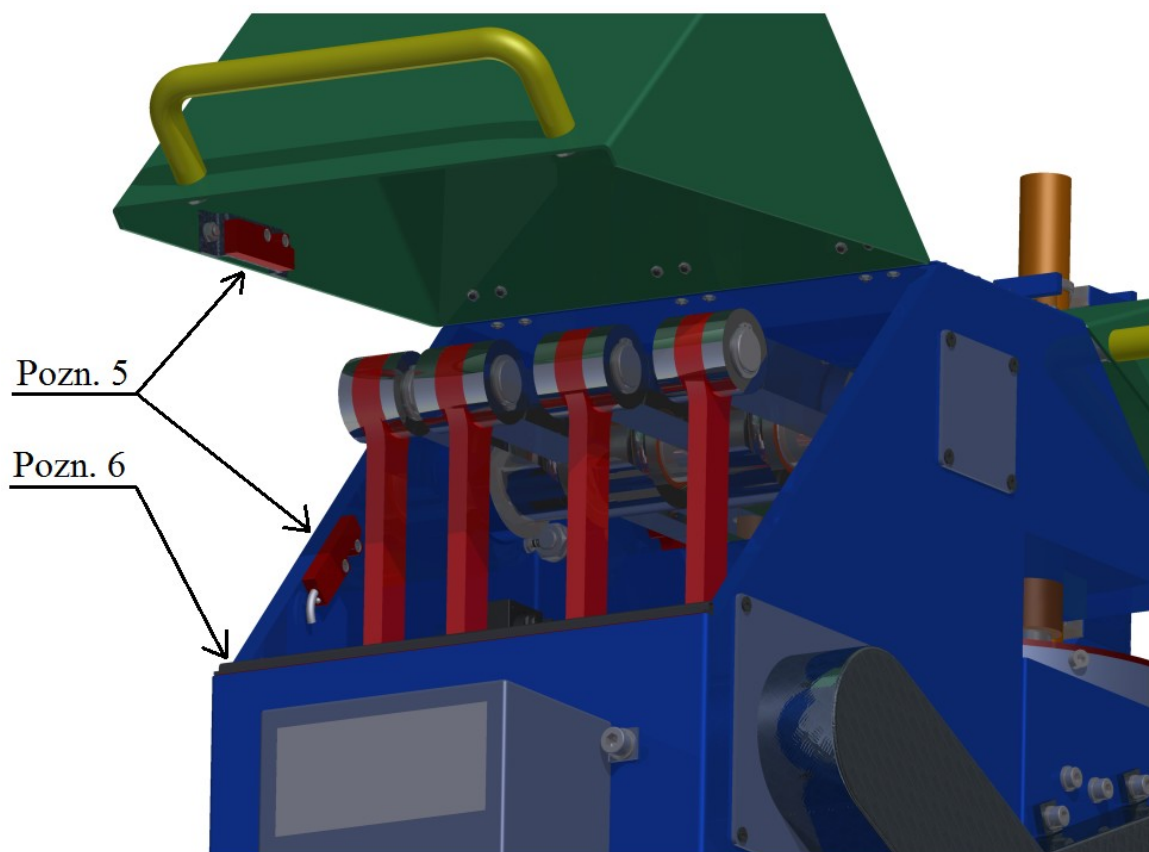


Obr. 21 - Tlačítko zapnutí/vypnutí stroje, nouzové tlačítko STOP

3.3 Bezpečnostní magnetické spínače, tlumiče rázu poklopů

Navržené zařízení má dva poklopy na pantech. Tyto poklopy plní několik funkcí. Tou nejvýznamnější funkcí je snadnost a rychlost otevírání poklopů z důvodu zadrhnutí zařízení nebo servisování. Aby nedošlo k otevření poklopů za chodu zařízení, a aby nedošlo k újmě na zdraví personálu nebo poškození zařízení, jsou uvnitř rámu instalovány magnetické spínače. Tyto spínače plní dvě funkce. První funkcí je bezpečně a plně uzavírat poklopy díky magnetům v samotném spínači. Druhou funkcí tohoto spínače je dotyk

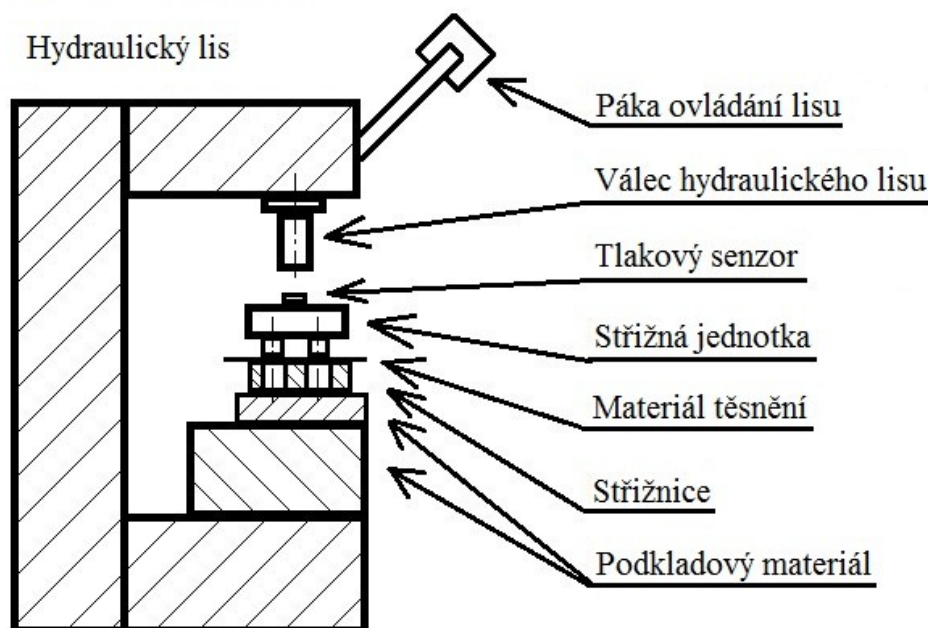
magnetů. Tímto zařízením může bezproblémově pracovat. Pokud je ovšem stroj zapnutý a otevře se poklop, magnety se rozpojí a kabel, který je připojen k jednotce ovládání elektromotoru vypne celé zařízení. První magnet je přišroubován k rámové sestavě a je z něj veden kabel k jednotce, tedy je nepohyblivý. Druhý magnet je přišroubován k poklopu zadnímu i přednímu a je pohyblivý a bez kabelu. Magnetický spínač je od stejné firmy jako bezpečnostní tlačítko STOP a přepínač zapnuto/vypnuto. Tento bezpečnostní prvek je vidět na obrázku 22, viz Pozn. 5. Magnetický spínač je také stažen z online webové databáze modelů [16]. Posledním prvkem je tlumič rázu poklopů. Jedná se o pryž, která je oboustrannou páskou přilepena na rámovou sestavu. Je to pryž s profilem P, kde zespod je páska. Tento prvek je zde kvůli tlumení rázu za chodu zařízení, kdy by poklop mohl nadskakovat. Pryž s páskou byly vymodelovány na základě internetové stránky s těsníci profily z pryže [17]. Je ho možné vidět na obrázku 22, viz Pozn. 6.



Obr. 22 - Magnetické spínače, tlumič rázu poklopů

4 Experimentální stanovení střížné síly

Na základě následného určování pohonu je nutno stanovit střížnou sílu. Tento experiment byl proveden v laboratoři katedry výrobních strojů a konstruování Vysoké školy Báňské. Experiment se určoval pomocí střížné jednotky. Tato jednotka byla vystavěna tlaku hydraulického lisu. Mezi střížníkem a střížnicí byl vložen materiál a pomocí tlakového senzoru byly zjištěny síly, které jsou zapotřebí k prostřihnutí materiálu. Dle schématu v obrázku 28 je patrné jak experiment probíhal. Celkem se provedly čtyři měření.



Obr. 28 - Schéma průběhu experimentálního stanovení střížné síly

Měřicí přístroj

Hodnoty, které jsou níže uvedeny, byly zjištěny pomocí měřidla AHLBORN ALMENO 2650-8A, na který byl připojen tlakový snímač. Tento snímač má měřicí rozsah do 20 kN. Na obrázku 29 je toto měřidlo znázorněno společně s tlakovým snímačem.



Obr. 29 - Měřidlo AHLBORN ALMENO 2650-8A, tlakový snímač K 22 [18]

4.1 Naměřené hodnoty, výpočet napětí ve střihu

Hodnoty níže uvedené se liší v závislosti na rychlosti střihu. Pokud je rychlejší střih, je hodnota střížné síly menší než pomalejší střih. První hodnota je uvedena pro střih jednoho těsnění. Zbylé tři hodnoty jsou pro střihání dvou těsnění současně, protože střížná jednotka stříhá dva kusy těsnění. Střížný průměr je 23 milimetrů. Tloušťka materiálu je 2 milimetry.

Tab. 2 - Naměřené hodnoty střížné síly

Střih	Počet těsnění střihu	Střížná síla [jednotka]
1.	1 těsnění	$F_{N1} = 1403 [N]$
2.	2 těsnění	$F_{N2} = 2842 [N]$
3.	2 těsnění	$F_{N3} = 2759 [N]$
4.	2 těsnění	$F_{N4} = 2861 [N]$

Z těchto naměřených hodnot vezmu v úvahu nejvyšší možnou naměřenou hodnotu pro další zpracování. Je nutno z této hodnoty spočítat napětí, neboli počet Newtonů potřebných k prostříhnutí jednoho milimetru čtverečního. Toto napětí spočítáme z rovnice (1). Sílu F_{N4} půlíme dvěma, protože byly ustřiženy 2 kusy těsnění.

Výpočet napětí ze střížné síly a plochy:

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{\frac{F_{N4}}{2}}{\pi \cdot d \cdot t} = \frac{\frac{2861}{2}}{\pi \cdot 23 \cdot 2} = 9,899 \text{ N/mm}^2 = 9,9 \text{ MPa} \quad (1)$$

Toto napětí je minimální pro střih daného materiálu. Pro navržení komponent je nutno toto napětí zvýšit o bezpečnost při prostřížení. Vypočteno z rovnice (2).

Navýšení hodnoty napětí kvůli bezpečnosti:

$$\tau_{svyp} = \tau_s \cdot k_s = 9,9 \cdot 1,5 = 14,85 \text{ N/mm}^2 \cong 15 \text{ N/mm}^2 = 15 \text{ MPa} \quad (2)$$

S navýšením hodnoty bylo dosaženo střížného napětí u materiálu vláknité pryže, která byla vystavěna experimentu, na hodnotu 15 N/mm^2 , neboli 15 MPa.

4.2 Výpočet střížné síly pro zadané těsnění

Celková střížná síla se bude skládat ze tří složek. První složkou je stříh vnitřního průměru těsnění. Druhá složka je stříh vnějšího průměru. Tyto dvě složky jsou sečteny. Poslední síla bude na vyhazování zbylého materiálu z rotujícího kotouče. Počítány jsou tři varianty, které plynou ze zadání. Budu počítat s tloušťkou materiálu 3 milimetry, protože dvou milimetrová tloušťka bude mít vždy menší střížnou sílu než třímilimetrová. Všechny rovnice vyplývají z rovnice napětí ve stříhu (1).

Varianta 1. - rozměr 15x8 milimetrů

Střížná síla pro vnitřní průměr:

$$\tau_{Svyp} = \frac{F_{1VNI}}{S_{1VNI}} \Rightarrow F_{1VNI} = \tau_{Svyp} \cdot S_{1VNI} = \tau_{Svyp} \cdot \pi \cdot d_{1VNI} \cdot t' = 15 \cdot \pi \cdot 8 \cdot 3 = 1131 \text{ N} \quad (3)$$

Střížná síla pro vnější průměr:

$$\tau_{Svyp} = \frac{F_{1VNE}}{S_{1VNE}} \Rightarrow F_{1VNE} = \tau_{Svyp} \cdot S_{1VNE} = \tau_{Svyp} \cdot \pi \cdot d_{1VNE} \cdot t' = 15 \cdot \pi \cdot 15 \cdot 3 = 2121 \text{ N} \quad (4)$$

Síla potřebná k vyhození zbylého materiálu i s ohledem na bezpečnost:

$$F_{VYH} = 200 \text{ N}$$

Střížná síla pro rozměr 15x8 milimetrů:

$$F_1 = F_{1VNI} + F_{1VNE} + F_{VYH} = 1131 + 2121 + 200 = 3452 \text{ N} \quad (5)$$

Varianta 2. - rozměr 18,5x12 milimetrů

Střížná síla pro vnitřní průměr:

$$\tau_{Svyp} = \frac{F_{2VNI}}{S_{2VNI}} \Rightarrow F_{2VNI} = \tau_{Svyp} \cdot S_{2VNI} = \tau_{Svyp} \cdot \pi \cdot d_{2VNI} \cdot t' = 15 \cdot \pi \cdot 12 \cdot 3 = 1697 \text{ N} \quad (6)$$

Střížná síla pro vnější průměr:

$$\tau_{Svyp} = \frac{F_{2VNE}}{S_{2VNE}} \Rightarrow F_{2VNE} = \tau_{Svyp} \cdot S_{2VNE} = \tau_{Svyp} \cdot \pi \cdot d_{2VNE} \cdot t' = 15 \cdot \pi \cdot 18,5 \cdot 3 = \quad (7)$$

$$F_{2VNE} = 2615 \text{ N}$$

Síla potřebná k vyhození zbylého materiálu i s ohledem na bezpečnost:

$$F_{VYH} = 200 \text{ N}$$

Střížná síla pro rozměr 18,5x12 milimetrů:

$$F_2 = F_{2VNI} + F_{2VNE} + F_{VYH} = 1697 + 2615 + 200 = 4512 \text{ N} \quad (8)$$

Varianta 3. - rozměr 19x10 milimetrů

Střížná síla pro vnitřní průměr:

$$\tau_{Svyp} = \frac{F_{3VNI}}{S_{3VNI}} \Rightarrow F_{3VNI} = \tau_{Svyp} \cdot S_{3VNI} = \tau_{Svyp} \cdot \pi \cdot d_{3VNI} \cdot t' = 15 \cdot \pi \cdot 10 \cdot 3 = 1414 \text{ N} \quad (9)$$

Střížná síla pro vnější průměr:

$$\tau_{Svyp} = \frac{F_{3VNE}}{S_{3VNE}} \Rightarrow F_{3VNE} = \tau_{Svyp} \cdot S_{3VNE} = \tau_{Svyp} \cdot \pi \cdot d_{3VNE} \cdot t' = 15 \cdot \pi \cdot 19 \cdot 3 = \quad (10)$$

$$F_{3VNE} = 2686 \text{ N}$$

Síla potřebná k vyhození zbylého materiálu i s ohledem na bezpečnost:

$$F_{VYH} = 200 \text{ N}$$

Střížná síla pro rozměr 18,5x12 milimetrů:

$$F_3 = F_{3VNI} + F_{3VNE} + F_{VYH} = 1414 + 2686 + 200 = 4300 \text{ N} \quad (11)$$

Pro následující výpočet pohonné jednotky pro střížné zařízení bude brána hodnota z druhé varianty produkovaného těsnění o rozměrech 18,5x12 milimetrů. Maximální střížná síla je tedy $F_2 = 4512 \text{ N}$.

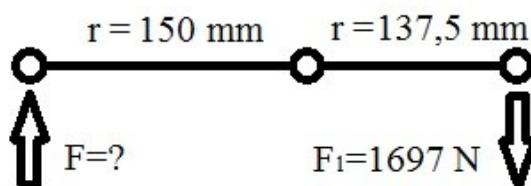
5 Navržení dílčích komponentů

Kapitola se zabývá návrhem komponentů pohonné jednotky. Výše, v předešlé kapitole, byla zjištěna sřížná síla. Sřížná síla je zařízením redukována. Je zde mnoho součástí, které nám sílu ovlivňují, jako například vahadla nebo excentrická hřídel. Výsledkem této kapitoly bude určen potřebný krouticí moment, který je nutno dodávat v podobě pohonné jednotky.

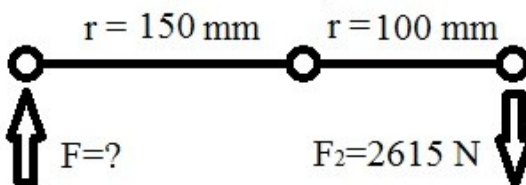
5.1 Určení síly přes prvek vahadla

Pomocí maximální sřížné síly pro variantu 2, je zde určená síla na začátku vahadla. Začátek vahadla je označení spojení vahadla s dělenou ojnicí pomocí čepu. Princip výpočtu spočívá v rovnováze sil ke středové hřídeli, kolem které se bude vahadlo naklápět. Rovnováha sil je znázorněna v obrázku 30.

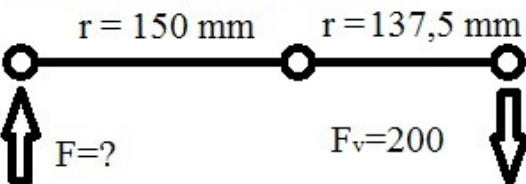
Vahadlo 1: průměr 12 mm



Vahadlo 2: průměr 18,5 mm



Vahadlo 3: výhoz materiálu



Obr. 30 - Rovnováha sil na třech vahadlech z varianty 2

Výpočet síly vahadla 1. pro průměr 12 mm varianty 2:

$$F_{1V} \cdot r_{11V} = F_{2VNI} \cdot r_{12V} \Rightarrow F_{1V} = \frac{F_{2VNI} \cdot r_{12V}}{r_{11V}} = \frac{1697 \cdot 137,5}{150} = 1556 \text{ N} \quad (12)$$

Výpočet síly vahadla 2. pro průměr 18,5 mm varianty 2:

$$F_{2V} \cdot r_{21V} = F_{2VNE} \cdot r_{22V} \Rightarrow F_{2V} = \frac{F_{2VNE} \cdot r_{22V}}{r_{21V}} = \frac{2615 \cdot 100}{150} = 1743 \text{ N} \quad (13)$$

Výpočet síly vahadla 3. pro výhoz materiálu varianty 2:

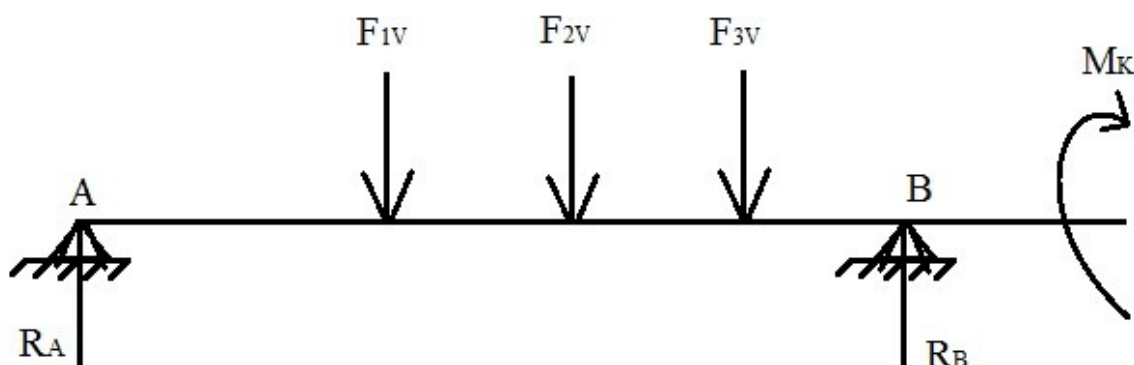
$$F_{3V} \cdot r_{31V} = F_{VYH} \cdot r_{32V} \Rightarrow F_{3V} = \frac{F_{VYH} \cdot r_{32V}}{r_{31V}} = \frac{200 \cdot 137,5}{150} = 183 \text{ N} \quad (14)$$

Výsledná síla z vahadel, která působí na excentrickou hřídel:

$$F_V = F_{1V} + F_{2V} + F_{3V} = 1556 + 1743 + 183 = 3482 \text{ N} \quad (15)$$

5.2 Určení momentu a reakcí na excentrické hřídeli

Dělené ojnice převádí sílu na excentrickou hřídel. Na hřídeli vzniká ohyb z důvodu sil od ojnice. Na obrázku 31 je znázorněn nosník zatížený silami od stříhu vnitřní díry, od stříhu vnější díry a od vyhazování materiálu.



Obr. 31 - Nosník excentrické hřídele zatížený ohybem

Krouticí moment od stříhu vnitřní díry:

$$M_{K1} = F_{1V} \cdot t_{EXC} = 1556 \cdot 8 = 12448 \text{ Nmm} = 12,45 \text{ Nm} \quad (16)$$

Krouticí moment od stříhu vnější díry:

$$M_{K2} = F_{2V} \cdot t_{EXC} = 1743 \cdot 8 = 13944 \text{ Nmm} = 13,94 \text{ Nm} \quad (17)$$

Krouticí moment od výhozu materiálu:

$$M_{K3} = F_{3V} \cdot t_{EXC} = 183 \cdot 8 = 1464 \text{ Nmm} = 1,46 \text{ Nm} \quad (18)$$

Celkový krouticí moment na excentrické hřídeli:

$$M_K = M_{K1} + M_{K2} + M_{K3} = 12,45 + 13,94 + 1,46 = 27,85 \text{ Nm} \quad (19)$$

Určení reakce R_B z nosníku zatížené silami a krouticím momentem:

$$\sum M_A = 0 \quad (20)$$

$$-F_{1V} \cdot (73,6) - F_{2V} \cdot (138,6) - F_{3V} \cdot (203,6) + R_B \cdot 241,6 - M_K = 0$$

$$R_B = \frac{F_{1V} \cdot (73,6) + F_{2V} \cdot (138,6) + F_{3V} \cdot (203,6) + M_K}{241,6}$$

$$R_B = \frac{1556 \cdot 73,6 + 1743 \cdot 138,6 + 183 \cdot 203,6 + 27850}{241,6} = 1743,4 \text{ N}$$

Určení reakce R_A z nosníku zatížené silami a krouticím momentem:

$$\sum M_B = 0 \quad (21)$$

$$R_A \cdot 241,6 - F_{1V} \cdot (168) - F_{2V} \cdot (103) - F_{3V} \cdot (38) - M_K = 0$$

$$R_A = \frac{F_{1V} \cdot (168) + F_{2V} \cdot (103) + F_{3V} \cdot (38) + M_K}{241,6}$$

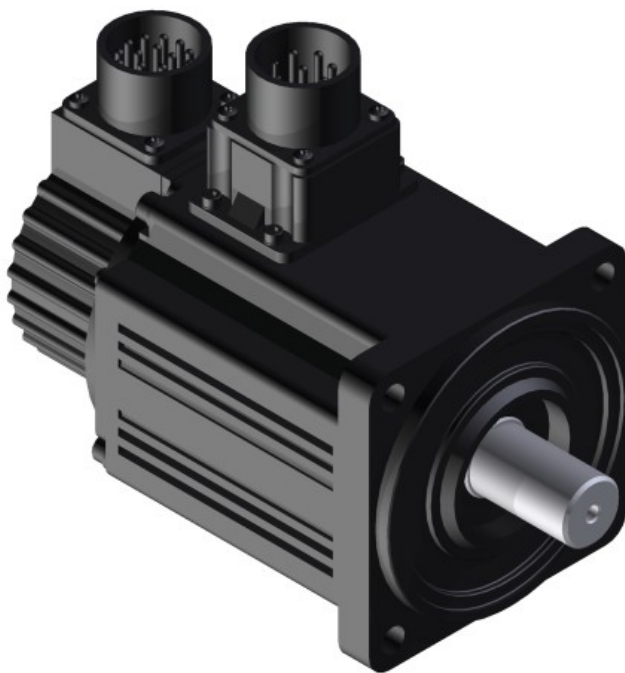
$$R_A = \frac{1556 \cdot 168 + 1743 \cdot 103 + 183 \cdot 38 + 27850}{241,6} = 1969,1 \text{ N}$$

5.3 Určení pohonné jednotky zařízení

Na základě vypočteného krouticího momentu je zde uvedena pohonná jednotka. Pohonná jednotka je složena ze servomotoru se střídavým napětím a se šnekovou převodovkou. Servomotor je připojen na řídicí jednotku.

Servomotor:

Je volen servomotor firmy DELTA s názvem ECMA - E1 10 04 BS [19], na obrázku 32 je tento servomotor znázorněn. Pod tímto obrázkem je uveden typ tohoto servomotoru a vysvětleno označení.



Obr. 32 - Servomotor firmy DELTA typ ECMA - E1 10 04 BS

ECMA - E1 10 04 B S

ECM - produktový název servomotoru

A - Servo typ, AC napětí

E1 - napětí 220V, 2000 otáček/minutu,

10 - velikost rámu motoru 100 mm

04 - jmenovitý výkon motoru 400W

B - typ hřídele kruhovitá, motor s brzdou, bez olejového těsnění

S - standardní průměr hřídele s perem, $d_M = 22 \text{ mm}$

Výpočet krouticího momentu z výkonu a otáček:

$$P = \omega \cdot M_{KM} \quad (22)$$

$$M_{KM} = \frac{P}{\omega} = \frac{60 \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{60 \cdot 400}{2 \cdot \pi \cdot 2000} = 1,91 \text{ Nm}$$

Řídicí jednotka:

Řídicí jednotka pro tento typ servomotoru je ze stejné firmy DELTA. Je určena speciálně pro tento typ motoru. Označení této jednotky je ASD - B2 - 04 21 B [19]. Níže je uvedeno vysvětlení tohoto označení.

ASD - B2 - 04 21 B

ASD - produktový název řídicí jednotky

B2 - produktová série

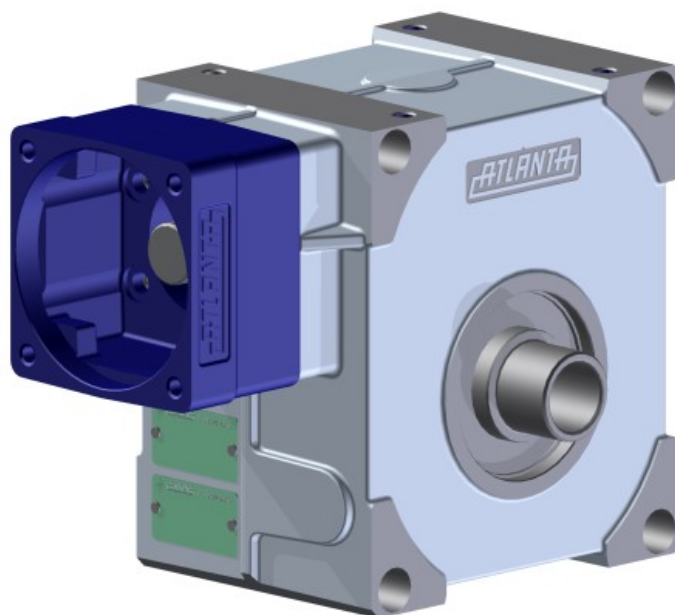
04 - příkon řídicí jednotky pro servomotory 400W

21 - napětí jednofázové 220V

B - typ modelu

Šneková převodovka:

Šneková převodovka byla zvolena z firmy ATLANTA. Důvod použití šnekové převodovky je využití jednoho páru kol s velkým převodovým poměrem a při tom s malými rozměry. Byla zvolena převodovka typu 5904029 [20]. Na obrázku 33 je tato šneková převodovka znázorněna společně s motorovou přírubou. Typ motorové příruby je 6559301 [20].



Obr. 33 - Šneková převodovka firmy ATLANTA typu 5904029 s přírubou typ 6559301

Převodový poměr šnekové převodovky: $i_P = 29$

Maximální hnací výkon: $P_{PMAX} = 2000 \text{ W}$

Účinnost šnekové převodovky: $\eta_P = 0,76$

Výpočet krouticího momentu šnekové převodovky z elektromotoru:

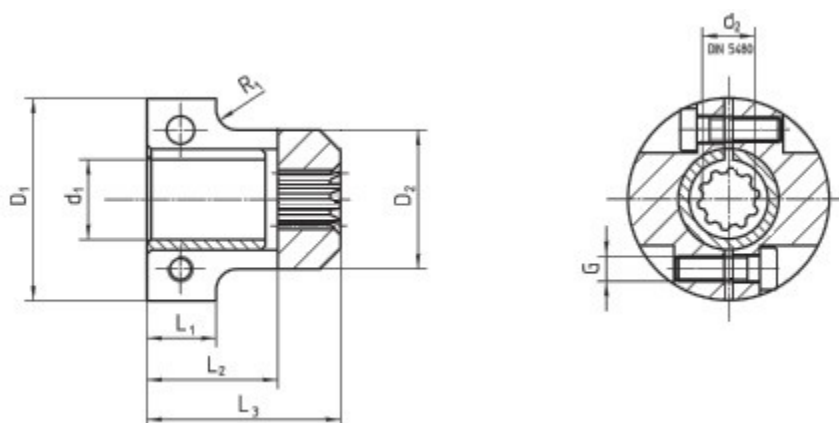
$$M_{KP} = M_{KM} \cdot i_P = 1,91 \cdot 29 = 55,39 \text{ Nm} \quad (23)$$

Výpočet otáček na výstupní hřídeli šnekové převodovky:

$$n_P = \frac{f}{i_P} = \frac{2000}{29} = 68,97 \text{ ot/min} = 1,15 \text{ ot/s} \quad (24)$$

Speciální spojka pro motor a převodovku:

Firma ATLANTA dodává i spojky pro spojení servomotoru s převodovkou. Od této firmy byla vzata spojka pro servomotor a šnekovou převodovku. Na jedné straně má drážku pro pero s průměrem 22 milimetru a na straně druhé má drážky pro drážkovanou hřídel pro šnekovou převodovku. Rozměr vnitřního drážkování spojky je 15 x 1,25 x 10 milimetrů. Po vložení spojky do servomotoru a šnekové převodovky do spojky je nutno zašroubovat dva šrouby, které vytvoří přítlak. Typ spojky je ATLANTA 65 53 022 [20]. Spojku je možno vidět v řezu na obrázku číslo 34.



Obr. 34 - Spojka ATLANTA typu 65 53 022 [20]

6 Závěr

V této práci bylo navrženo zařízení, které bude stříhat těsnící kroužky z odpadu, který produkuje jiné stříhací zařízení. Byla použita poháněcí jednotka, která zajišťuje pohon střížné síly a zároveň otáčení kotouče. Práce neobsahuje zapojení elektro součástí.

Všechny cíle, které byly stanoveny na začátku práce, byly splněny. Konkrétně byla zpracována rešerše, kde byly popsány vstupní i výstupní parametry, dále zde byl uveden materiál odpadu, byly i uvedeny jiné typy materiálů. Jiné typy byly uvedeny právě pro své srovnatelné vlastnosti se vstupním materiálem a mohly by se zpracovávat v navrženém střížném zařízení. Na závěru rešerše je uvedena podkapitola zabývající se možnostmi, jak jinak zpracovávat odpad. V následující kapitole bylo čtenářům popsáno, z jakých částí se střížné zařízení skládá. Následující část se snažila vysvětlit princip a fungování celého zařízení. Jednalo se především o přenos točivého momentu z pohonné jednotky na stříhadla a z pohonné jednotky na přerušované otáčení kotouče. Poté práce směřovala k bezpečnostním prvkům. Tam se čtenář mohl dozvědět o bezpečnostních prvcích jako například: nouzové tlačítko stop, magnetické spínače nebo o oplechování rotujících částí. Další kapitola byla experimentální. Byla zjištěná síla, která je potřebná k prostřížení zadaného materiálu. Z experimentu byl následně vypočten krouticí moment na excentrické hřídeli. Poslední část této práce byla směřována k navržení pohonné jednotky. Jednotka byla právě navržena z experimentálně stanovené střížné síly.

Na závěr práce bych rád podotkl nedostatek v zásobníkové sestavě. Aby zařízení bylo stoprocentně automatizováno, musela by se razantně zlepšit zásobníková sestava. Mohlo by jít například o vibrační zkosené desky, které by dodávaly materiál do zařízení, aniž by musela být přítomná obsluha. V tomto vidím nedostatek, avšak navržené zařízení bylo natolik složité konstrukce, že byla zvolena jednodušší varianta zásobníku pro materiál, který padá do rotujícího kotouče.

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Tomáši Kubínovi, Ph.D. za cenné rady týkajících se řešením a konstrukci zařízení a za obětovaný čas strávený touto prací.

Dále bych rád poděkoval panu Petru Andrlému za strávený čas a hledání vhodné inspirace v oblasti střížných strojů ve firmě Siemens elektromotory.

Motto:

„ Prodal bych i odpad. ”

Bc. Aleš Kikta

7 Seznam použité literatury

- [1] *ARMAT spol. s.r.o.* [online]. [cit 11.4.2017] Dostupné z:
<http://www.armat.cz/pdf/specifikace-tesnicich-materialu-epdm-silikon-ptfe-viton-nbr.pdf>
- [2] *NAPO MORAVA s.r.o.* [online]. [cit 11.4.2017] Dostupné z:
<http://www.napo.cz/cs/tesneni/klinger/vlaknitopryzove-desky/klingersil-c4400>
- [3] *NAPO MORAVA s.r.o.* [online]. [cit 12.4.2017] Dostupné z:
<http://www.napo.cz/cs/tesneni/klinger/vlaknitopryzove-desky/klingersil-c4106>
- [4] *NAPO MORAVA s.r.o.* [online]. [cit 12.4.2017] Dostupné z:
<http://www.napo.cz/cs/tesneni/klinger/vlaknitopryzove-desky/klingersil-c4430>
- [5] *NAPO MORAVA s.r.o.* [online]. [cit 12.4.2017] Dostupné z:
<http://www.napo.cz/cs/tesneni/klinger/vlaknitopryzove-desky/maxil-1000r>
- [6] *NAPO MORAVA s.r.o.* [online]. [cit 12.4.2017] Dostupné z:
<http://www.napo.cz/cs/tesneni/klinger/grafitove-tesnici-desky/klinger-psm>
- [7] *NAPO MORAVA s.r.o.* [online]. [cit 12.4.2017] Dostupné z:
<http://www.napo.cz/cs/tesneni/klinger/teflonove-ptfe-desky>
- [8] *NAPO MORAVA s.r.o.* [online]. [cit 12.4.2017] Dostupné z:
<http://www.napo.cz/cs/tesneni/klinger/slidove-tesnici-desky/milam-pss>
- [9] *I-lech seals Inc.* [online]. [cit 12.4.2017] Dostupné z:
http://www.hitechseals.com/gasket-manufacturing_production.asp
- [10] *Pokorný spol. s.r.o.* [online]. [cit 12.4.2017] Dostupné z:
<http://www.tesneni.cz/katalog-produktu/plocha-prirubova-tesneni/tesnici-desky/vysekavana-tesneni>
- [11] *Těsnění Nývlt s.r.o.* [online]. [cit 12.4.2017] Dostupné z:
<http://www.tesneninyvlt.cz/vyroba/vysekavani>
- [12] *Kalina industries s.r.o.* [online]. [cit 12.4.2017] Dostupné z:
<http://www.kalinatabor.cz/vyrezavaci-vodni-paprsek/vyrezavaci-vodni-paprsek>
- [13] FOREJT, Milan, Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Vysoké učení technické v Brně. 1. vyd. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o. Brno, 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9

- [14] *Traceparts online* [online]. [cit 21.4.2017] Dostupné z:
[http://www.tracepartsonline.net/\(S\(eqyrvlg5kyc252d2pfw4wq3\)\)/PartDetails.aspx?Class=TRACEPARTS&clsid=&ManID=RS_COMPONENTS&PartFamilyID=10-07092016-116255&PartID=10-07092016116255&SrchrsltType=4&SrchrsltId=11](http://www.tracepartsonline.net/(S(eqyrvlg5kyc252d2pfw4wq3))/PartDetails.aspx?Class=TRACEPARTS&clsid=&ManID=RS_COMPONENTS&PartFamilyID=10-07092016-116255&PartID=10-07092016116255&SrchrsltType=4&SrchrsltId=11)
- [15] *Traceparts online* [online]. [cit 21.4.2017] Dostupné z:
[http://www.tracepartsonline.net/\(S\(eqyrvlg5kyc252d2pfw4wq3\)\)/PartDetails.aspx?Class=TRACEPARTS&clsid=&ManID=RS_COMPONENTS&PartFamilyID=10-26092012-097761&PartID=10-26092012-097761&SrchrsltType=4&SrchrsltId=9](http://www.tracepartsonline.net/(S(eqyrvlg5kyc252d2pfw4wq3))/PartDetails.aspx?Class=TRACEPARTS&clsid=&ManID=RS_COMPONENTS&PartFamilyID=10-26092012-097761&PartID=10-26092012-097761&SrchrsltType=4&SrchrsltId=9)
- [16] *Traceparts online* [online]. [cit 21.4.2017] Dostupné z: http://cz.rs-online.com/web/p/bezkontaktni-bezpecnostni-spinace/4225118/?searchTerm=4225118&relevancy-data=636F3D3126696E3D4931384E525353746F636B4E756D6265724D504E266C753D656E266D6D3D6D61746368616C6C26706D3D5E5C647B367D247C5E5C647B377D247C5E5C647B31307D2426706F3D313426736E3D592673743D52535F53544F434B5F4E554D4245522677633D4E4F4E45267573743D34323235313138267374613D3432323531313826&cm_mmc=Supplier-_-MPN-External-_-rs-components.com-_-4225118
- [17] *Stavebniny-rychle* [online]. [cit 21.4.2017] Dostupné z: <http://www.stavebniny-rychle.cz/tesnici-profil-z-epdm-pryze-p-profil-bily.html>
- [18] *Ahlborn* [online]. [cit 24.4.2017] Dostupné z:
http://www.ahlborn.com/en_UK/products
- [19] *Delta* [online]. [cit 2.5.2017] Dostupné z:
http://www.delta.com.tw/product/em/motion/motion_servo/download/manual/DELTA_ASDA-B2_M_EN_20130906.pdf
- [20] *Atlanta* [online]. [cit. 2.5.2017] Dostupné z: http://atlantagmbh.com/wp-content/uploads/2016/03/Servo_Kapitel_GC.pdf
- [21] LEINVEBER, J.; ŘASA, J.; VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*. Třetí, doplněné vydání: Praha 1999, vydavatelství: Scientia, spol. s.r.o., pedagogické nakladatelství Praha, 986 s., ISBN 80-7183-164-6

8 Seznam příloh

Název	Číslo výkresu	Formát
SESTAVA STRŽNÉHO ZAŘÍZENÍ	000-0-DP-KIK0007	A0
DETAILNÍ POHLEDY ZAŘÍZENÍ	000-1-DP-KIK0007	A1
MONTÁŽ JINÝCH TLOUŠTĚK MATERIÁLU	000-2-DP-KIK0007	A2
VÝROBNÍ VÝKRES STŘEDOVÉ HŘÍDELE	006-DP-KIK0007	A3

CD datový nosič - Střihadlo těsnících kroužků z odpadového materiálu - Bc. Kikta Aleš

- Kikta_Aleš_text_DP.pdf
- Kikta_Aleš_prilohy_DP.zip